

José Arnaldo Favaretto

Biologia

Unidade e Diversidade

1



ENSINO MÉDIO
COMPONENTE CURRICULAR
BIOLOGIA

FTD

Biologia

Unidade e Diversidade

1

ENSINO MÉDIO
COMPONENTE CURRICULAR
BIOLOGIA

José Arnaldo Favaretto

Médico graduado pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
Professor de Biologia no ensino médio no estado de São Paulo.

1ª edição
São Paulo – 2016

FTD

**MANUAL DO
PROFESSOR**

Diretor editorial	Lauri Cericato
Gerente editorial	Flavia Renata P. A. Fugita
Editora	Valquiria Baddini Tronolone
Editores assistentes	Débora de Almeida Francisco Nichel, Eveline Duarte, João Paulo Bortoluci, Juliana Bardi, Vitor Hugo Rodrigues
Assistentes editoriais	Laura de Paula, Angelica da Silva Sousa
Assessoria	Hellen Fumagalli, Anita Adas
Gerente de produção editorial	Mariana Milani
Coordenador de produção editorial	Marcelo Henrique Ferreira Fontes
Coordenadora de arte	Daniela Máximo
Projeto gráfico	Casa Paulistana
Projeto de capa	Bruno Attili
Foto de capa	Thais Falcão/Olho do Falcão
	<i>Modelos da capa:</i> Andrei Lopes, Angélica Souza, Beatriz Raielle, Bruna Soares, Bruno Guedes, Caio Freitas, Denis Wiltemburg, Eloá Souza, Jardo Gomes, Karina Farias, Karoline Vicente, Leticia Silva, Lilith Moreira, Maria Eduarda Ferreira, Rafael Souza, Tarik Abdo, Thais Souza
Supervisora de arte	Isabel Cristina Corandin Marques
Diagramação	Adriana M. Nery de Souza, Eduardo Benetorio, Gabriel Basaglia, Marcia Sasso, Lucas Trevelin, Sara Slovac Savero
Tratamento de imagens	Ana Isabela Pithan Maraschin, Eziquiel Racheti
Coordenadora de ilustrações e cartografia	Marcia Berne
Ilustrações	Alex Argozino, Alex Silva, Bourdiel, Cecília Iwashita, Eduardo Borges, Gilmar, Jurandir, Ligia Duque, Manzi, Luis Moura, Luiz Rubio, Osni Oliveira, Paulo César Pereira, Rafael Herrera, Samuel Silva, Studio Caparroz, Tarumã.
Cartografia	Allmaps
Coordenadora de preparação e revisão	Lilian Semenichin
Supervisora de preparação e revisão	Izabel Cristina Rodrigues
Revisão	Carolina Manley, Célia Regina Camargo, Cristiane Casseb, Regina Barrozo, Jussara R. Gomes, Iara R. S. Mletchol, Juliana Rochetto, Desirée Araújo, Yara Affonso, Edna Viana
Coordenador de iconografia e licenciamento de textos	Expedito Arantes
Supervisora de licenciamento de textos	Elaine Bueno
Iconografia	Marcia Trindade
Diretor de operações e produção gráfica	Reginaldo Soares Damasceno

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Favaretto, José Arnaldo
Biologia unidade e diversidade, 1º ano / José Arnaldo Favaretto. — 1. ed. — São Paulo : FTD, 2016. — (Coleção biologia unidade e diversidade)

Componente curricular: Biologia.
ISBN 978-85-96-00342-1 (aluno)
ISBN 978-85-96-00343-8 (professor)

1. Biologia (Ensino médio) I. Título. II. Série.

16-03555

CDD-574.07

Índices para catálogo sistemático:

1. Biologia : Ensino médio 574.07

Em respeito ao meio ambiente, as folhas deste livro foram produzidas com fibras obtidas de árvores de florestas plantadas, com origem certificada.

Apresentação

Nós, seres humanos, compartilhamos um pequeno planeta azul com milhões de outras espécies de seres vivos, das mais diversas formas e tamanhos: alguns imensos, como as castanheiras-do-pará e as baleias-francas; outros minúsculos, como as cianobactérias, encontradas em diversos lugares, como nas camadas superficiais dos oceanos.

Na biosfera — nome que designa o conjunto de todas as regiões da Terra onde há vida — estima-se que existam mais de 30 milhões de espécies de organismos, unidos por um importante vínculo: a ancestralidade comum. Além dos ancestrais remotos, as espécies de seres vivos atuais compartilham outros aspectos, como a organização celular e algumas características químicas, a capacidade de perceber estímulos ambientais e reagir a eles, a possibilidade de gerar descendentes para os quais transmitem características hereditárias e o fato de se modificarem com o tempo, ou seja, de evoluírem. A descendência com modificação deixa marcas que distinguem entre si as espécies e que fazem tão rica a biodiversidade do planeta.

Antes de começarmos nossa caminhada pela Biologia, sugerimos que você leia uma das mais belas descrições da Terra e de sua capacidade de conter a vida. Essa descrição¹ não foi escrita por um biólogo, mas pelo astronauta norte-americano Eugene Cernan, o último ser humano a caminhar na superfície lunar, onde chegou em dezembro de 1972, como tripulante da nave espacial Apollo 17:

Quando se está na órbita da Terra, ao olhar para baixo, veem-se lagos, rios, penínsulas. Voa-se rapidamente sobre mudanças de topografia, como montanhas cobertas de neve, desertos e cinturões tropicais — tudo muito visível. Passa-se por um nascer e um pôr do sol a cada 90 minutos. Ao sair da órbita terrestre, enxerga-se a Terra de um polo ao outro e de um oceano a outro sem sequer virar a cabeça. Vê-se a América do Norte e a América do Sul “dobrando a esquina”, enquanto a Terra gira em torno de um eixo invisível; então, vê-se a Oceania, depois a Ásia, a Europa e a África e, a seguir, as Américas vêm substituí-las. Começa-se a perceber como é pequena a nossa compreensão do tempo. Perguntamos a nós mesmos: onde estamos, no espaço e no tempo? Olhamos “para casa” e não vemos as barreiras de cor, religião e política que dividem este mundo.

**Esse é o lugar da vida.
Boa viagem!**

¹ CERNAN, E. apud MARGULIS, L.; SAGAN, D. *O que é vida?* Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

Conheça o seu livro

Unidades e Capítulos
 Nosso livro organiza-se em quatro Unidades, cada uma com quatro Capítulos que se iniciam com texto e foto de abertura, destacados em página dupla, cujo papel é estimular a reflexão a respeito dos assuntos abordados.



A conformação espacial brincar faz com que o corpo humano se torne mais eficiente. O corpo humano é formado por células, tecidos, órgãos e sistemas. A conformação espacial do corpo humano é determinada pela interação entre a genética e o ambiente. A conformação espacial do corpo humano é determinada pela interação entre a genética e o ambiente. A conformação espacial do corpo humano é determinada pela interação entre a genética e o ambiente.

Desnaturação de proteínas
 As proteínas são moléculas orgânicas formadas por uma cadeia de aminoácidos. A desnaturação de proteínas ocorre quando a estrutura tridimensional da proteína é alterada, geralmente devido a mudanças de temperatura, pH ou presença de agentes químicos. A desnaturação de proteínas pode ser reversível ou irreversível.

Boxes
 Ao longo do texto, são encontrados pequenos boxes, que apresentam definições ou informações complementares.

Atividade prática
Geração de células vegetais

1. Observe as células vegetais e anote as características observadas.

2. Observe as células vegetais e anote as características observadas.

Atividade

1. A célula é a unidade estrutural e funcional dos organismos vivos. Ela é formada por uma membrana plasmática, um núcleo e organelas citoplasmáticas.

A notícia

Esta é a primeira notícia de saúde de saúde pública, assinada por um grupo de profissionais de saúde e de saúde pública, que se dedica a promover a saúde pública e a prevenir doenças.

Guarda, todo o cuidado é pouco

Segundo especialistas, a guarda de crianças deve ser feita com muita atenção e cuidado. É importante que os pais estejam sempre presentes e envolvidos na vida da criança.

A notícia
 Nessa seção, encontram-se recortes de jornais ou revistas que apresentam temas associados ao conteúdo do capítulo, acompanhados de propostas de atividades.

Atividades
 Após o desenvolvimento do conteúdo teórico de cada capítulo, encontra-se um bloco de atividades, contendo questões analítico-discursivas que estimulam a reflexão sobre os conteúdos apresentados.

Atividades

1. A partir da observação, que representa um organismo vivo, descreva as características observadas.

2. Observe a célula vegetal e anote as características observadas.

3. Observe a célula animal e anote as características observadas.

4. Observe a célula vegetal e anote as características observadas.

Conexões

Encerrando cada capítulo, apresentam-se textos para discussão referentes a determinados temas de destaque, ampliando os horizontes e trazendo contribuições de outras áreas do conhecimento. Em alguns casos, há mais de um texto com visões distintas a respeito de um determinado assunto, possibilitando promover debates e expressão de opinião.

CONEXÕES

Um aspecto da vida das populações indígenas



Além de múltiplos textos de atual e atualidade sobre o tema, há também vídeos, animações, podcasts e outros recursos digitais. O conteúdo é desenvolvido em linguagem acessível, com linguagem clara e objetiva, e com imagens de qualidade. O texto é desenvolvido em linguagem acessível, com linguagem clara e objetiva, e com imagens de qualidade.

Este texto aborda a vida das populações indígenas, destacando a importância da preservação da cultura e da identidade. O texto é desenvolvido em linguagem acessível, com linguagem clara e objetiva, e com imagens de qualidade.

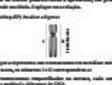
Este texto aborda a vida das populações indígenas, destacando a importância da preservação da cultura e da identidade. O texto é desenvolvido em linguagem acessível, com linguagem clara e objetiva, e com imagens de qualidade.

ATIVIDADES COMPLEMENTARES

1. A imagem abaixo mostra um grupo de células de sangue. Observe as características das células e responda às questões.



2. Observe a imagem e responda às questões.



3. Observe a imagem e responda às questões.



4. Observe a imagem e responda às questões.



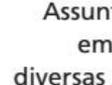
5. Observe a imagem e responda às questões.



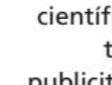
6. Observe a imagem e responda às questões.



7. Observe a imagem e responda às questões.



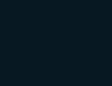
8. Observe a imagem e responda às questões.



9. Observe a imagem e responda às questões.



10. Observe a imagem e responda às questões.



Atividades complementares

No final de cada Unidade, questões inéditas e questões extraídas de provas do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e das provas dos principais vestibulares do país abordam os mais relevantes conteúdos explorados ao longo dos quatro capítulos.

Texto & Contexto

A seção apresenta, no final de cada Unidade, atividades que visam a compreensão leitora. Assuntos da Biologia e da Ciência em geral são apresentados em diversas modalidades de linguagens verbais e não verbais, como textos científicos e jornalísticos, gráficos, tabelas, tiras, charges, peças publicitárias, infográficos e mapas.

TERÇO & CONTEXTO

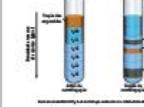
1. Observe a imagem e responda às questões.



2. Observe a imagem e responda às questões.



3. Observe a imagem e responda às questões.



4. Observe a imagem e responda às questões.



5. Observe a imagem e responda às questões.



UNIDADE I

Capítulo 1

Isabela Ribeiro



Vida

Múltiplas dimensões de um fenômeno complexo

Múltiplas dimensões de um fenômeno complexo	10
Do que trata a Biologia?	12
Evolução, o sentido da vida	12
Vida, ambiente e adaptação	13
Vida, um fenômeno complexo	14
A diversidade da vida	14
Pantanal: análise de um caso	15
Biodiversidade, a vida em interação	16
Habitat e nicho ecológico	17
A unidade da vida	17
Níveis de organização	17
A manutenção da vida	20
Material genético, um projeto de vida	21
A continuidade da vida	22
Reprodução assexuada	22
Reprodução sexuada	22
Os seres vivos são sempre os mesmos?	23
Evolução e mudanças	23
História de 4 bilhões de anos	24
Características gerais dos seres vivos	25
Propriedades dos seres vivos	26
A notícia	28
Atividades	28
Conexões – Biologia e linguagem matemática: expressando graficamente as informações	30

Capítulo 2

Johannes Vermeer, 1668. Óleo sobre tela. Museu do Louvre, Paris, França



A célula

Um sistema eficiente

Um sistema eficiente	34
Célula, um denominador comum	36
Bem simples, mas é uma célula!	37
A escolha de um modelo	38
Outro reino, o mesmo projeto básico	38
Células animais e células vegetais: uma comparação	40
A notícia	40
Atividade prática	41

Atividades	41
Conexões – A era da nanotecnologia	43

Capítulo 3



De que somos feitos?

Substâncias que constroem a vida

Substâncias que constroem a vida	44
Composição química das células	46
Água	47
Componentes minerais	48
Atividade prática	50
Compostos orgânicos: aspectos gerais	51
Carboidratos	52
Lipídios	53
Lipídios e a saúde humana	56
A notícia	57
Atividades	58
Conexões – Imagens que salvam vidas	59

Capítulo 4



De que somos feitos?

Proteínas e vitaminas

Proteínas e vitaminas	60
Aminoácidos e proteínas	62
Organização das moléculas proteicas	63
Desnaturação de proteínas	65
Funções das proteínas	66
A notícia	67
Enzimas: estrutura e ação	67
Enzimas e ação catalítica	68
Fatores que modificam a ação enzimática	69
Atividade prática	71
Vitaminas	71
Medicamentos à base de vitaminas: necessidade ou marketing?	72
Atividades	73

Conexões – Muito além de um detalhe bioquímico	74
--	----

Atividades complementares	76
--	----

Texto & Contexto	78
-----------------------------------	----

UNIDADE II

Capítulo 5

Andrew Burton/Getty Images



Compartimentos celulares

Estrutura e função	80
---------------------------------	----

Ambiente celular, um espaço compartimentado	82
--	----

Estrutura das membranas celulares	82
---	----

Permeabilidade das membranas	82
---	----

Transporte passivo	83
--------------------------	----

Transporte ativo	85
------------------------	----

Transporte de massa	86
---------------------------	----

Células vegetais e osmose	86
--	----

Atividade prática	88
--------------------------------	----

Secreção celular	89
-------------------------------	----

O complexo golgiense	89
----------------------------	----

Digestão intracelular	90
------------------------------------	----

Digestão intracelular heterofágica	91
--	----

Digestão intracelular autofágica	91
--	----

Outras funções dos lisossomos	91
-------------------------------------	----

A notícia	92
------------------------	----

Movimentos celulares	92
-----------------------------------	----

Movimento ameboide	93
--------------------------	----

Movimento de cílios e flagelos	93
--------------------------------------	----

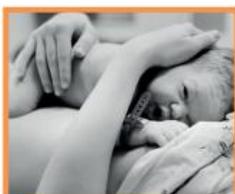
Movimento de contração	93
------------------------------	----

Atividades	94
-------------------------	----

Conexões – Marcas do tempo: lisossomos, peroxissomos e radicais livres	95
---	----

Capítulo 6

Maria Szykova/shutterstock.com



Material genético

Estrutura e função	96
---------------------------------	----

DNA e RNA, moléculas informacionais	98
--	----

Composição química dos ácidos nucleicos	98
---	----

Ácido desoxirribonucleico	100
--	-----

A dupla-hélice	100
----------------------	-----

Atividade prática	102
--------------------------------	-----

Replicação do DNA	104
-------------------------	-----

Andre Dibi/Pulsar



Vida e energia

Células e processos de transformação	118
---	-----

Trabalho e energia	120
---------------------------------	-----

Fotossíntese	121
---------------------------	-----

Moléculas excitáveis pela luz	121
-------------------------------------	-----

Etapa fotoquímica	122
-------------------------	-----

Etapa química	123
---------------------	-----

Fatores limitantes da fotossíntese	124
--	-----

Fermentação	125
--------------------------	-----

Álcool, uma droga legalizada	125
------------------------------------	-----

Atividade prática	126
--------------------------------	-----

A notícia	127
------------------------	-----

Respiração celular aeróbia	127
---	-----

Balanco energético	130
--------------------------	-----

Usar gás oxigênio ou não?	131
---------------------------------	-----

A via final comum	131
-------------------------	-----

Atividades	132
-------------------------	-----

Conexões – Bioenergia, componente da matriz energética	134
---	-----

Capítulo 8

Woods Hole Oceanographic Institution



Origem da vida

Hipóteses sobre um passado remoto	136
--	-----

Histórias e descobertas	138
--------------------------------------	-----

A vida a partir da matéria inorgânica	138
---	-----

Pouchet e Pasteur: questões além da ciência	141
---	-----

Sumário

Ideias revolucionárias	142
Um olhar para o espaço.....	142
A notícia	143
Síntese abiótica	143
Terra primitiva, um laboratório.....	143
Gênese de compostos orgânicos.....	144
Processos bióticos	144
O surgimento do material genético.....	146
A vida requer energia.....	146
Uma breve cronologia da Terra	147
Atividades	148
Conexões – Por que na Terra?	149

Atividades complementares	150
Texto & Contexto	153

UNIDADE III

Capítulo 9

Filme de Colin Trevorrow.
Jurassic World, 2015. EUA.
Fotografia de Universal Pictures/
ip. Archive/Glow Images



Núcleo celular	
Organização e ação	156
Ciclo de vida das células	158
Funções do núcleo celular	158
Núcleo interfásico	159
A notícia	160
Composição e estrutura dos cromossomos	161
Estrutura cromossômica.....	162
Genoma e cariótipo.....	163
Diagnosticando doenças cromossômicas	164
Atividades	165
Conexões – Cartões de crédito, girinos e ovelhas	166

Capítulo 10

Daryl Benson/Masterfile/
Latinstock



Divisão celular	
A vida atravessa o tempo	170
Mitose, divisão equacional	172
Ciclo celular.....	173
Fases da mitose.....	174
Variação da quantidade de DNA.....	176
Mitose em células animais e em células vegetais.....	177

A notícia	177
Meiose, divisão reducional	178
Meiose I – separação de cromossomos homólogos.....	179
Meiose II – separação de cromátides-irmãs.....	179
Variação da quantidade de DNA.....	180
Permutação ou <i>crossing-over</i>	180
Principais diferenças entre mitose e meiose	181
Erros na formação de gametas	182
Atividades	183
Conexões – Perspectivas no tratamento e prevenção do câncer	184

Capítulo 11

ARZTSANUL/Shutterstock.com



Reprodução

Bases citológicas	186
Reprodução e variabilidade	188
Variabilidade genética e gametas	189
Ciclos de vida	190
Bases da reprodução animal	191
Produção de gametas.....	191
Fecundação.....	192
Estratégias reprodutivas especiais.....	192
Espermatogênese humana	193
Ovogênese humana	194
A notícia	196
Fecundação	197
Armazenar mais ou menos vitelo?.....	197
Proteção da nova vida.....	198
Atividades	198
Conexões – Reprodução assistida	199

Capítulo 12

Andrew B/Cultura RF/Diomecia



Desenvolvimento animal

Etapas de uma revelação	200
A formação de um indivíduo	202
Tipos de ovos de cordados.....	202
Segmentação.....	202
Gastrulação.....	203

Folhetos embrionários.....	203
Diferenciação celular em cordados.....	204
Embriologia e anatomia como evidências da evolução.....	204
Desenvolvimento humano.....	205
Apoptose, morte celular programada.....	206
Origem e função das membranas extraembrionárias.....	206
Células-tronco.....	208
Terapia com células-tronco.....	210
A notícia.....	210
Atividades.....	211
Conexões – Células-tronco: dúvidas e desafios.....	212

Atividades complementares..... 214

Texto & Contexto..... 217

UNIDADE IV

Capítulo 13

Palé Zuppani/Pulsar



Tecidos animais

Desafios da pluricelularidade..... 220

Vida, um desafio permanente..... 222

 Homeostase, a estabilidade interna..... 223

Tecidos animais..... 224

 Tecidos epiteliais..... 225

A notícia..... 227

Atividades..... 228

Conexões – Além de um inocente bronzeado..... 230

Capítulo 14

Brian Goodmayr
Shutterstock.com



Tecidos conjuntivos

Diversidade morfológica e funcional..... 232

Tecidos versáteis..... 234

 Tipos especiais de tecidos conjuntivos..... 235

Tecido ósseo, ossos e esqueleto..... 237

 Esqueleto: tipos e divisões..... 238

A notícia..... 239

Sangue..... 240

 Elementos figurados..... 241

 Transporte de gases respiratórios..... 242

 Sangue e coagulação..... 245

Atividade prática..... 247

Atividades..... 247

Conexões – Um aspecto da saúde das populações indígenas..... 248

Capítulo 15

Governo Federal



Imunidade

O corpo em alerta..... 250

Mecanismos de defesa..... 252

 Resposta inflamatória..... 253

 Resposta imunológica..... 254

Tipos de imunidade..... 255

 Imunidade passiva..... 255

 Imunidade ativa..... 256

A notícia..... 257

Alergias..... 258

Imunidade e transplantes..... 258

Aids..... 259

 Prevenção..... 260

A notícia..... 261

Atividades..... 261

Conexões – A importância de produzir vacinas..... 263

Capítulo 16

Lebrecht Music and Arts/G.
MacDermic/Diomeitia



Reagindo a estímulos

Tecido nervoso e tecidos musculares..... 264

Tecido nervoso..... 266

 Impulso nervoso: a

 informação em movimento..... 268

 Resposta do neurônio a estímulos..... 269

 Propagação do impulso pelo neurônio..... 270

 Sinapse, sinalização química..... 271

Tecidos musculares..... 272

 Contração muscular..... 273

A notícia..... 276

Atividades..... 277

Conexões – Direito de decidir, direito de viver..... 278

Atividades complementares..... 280

Texto & Contexto..... 282

Além dos limites destas páginas..... 285

Listas de siglas..... 287

Referências bibliográficas..... 288

UNIDADE I 1 – A discussão sobre saberes tradicionais pode ser enriquecida com entrevistas feitas pelos alunos com pessoas da comunidade, em especial aquelas envolvidas com práticas ligadas à saúde (por exemplo, benzedeiros, erveiros e raizeiros, curandeiros, parteiras, pessoas que exercem práticas terapêuticas em terreiros de matriz africana e de comunidades indígenas). Pode-se, ainda, sugerir aos alunos que façam um levantamento de fármacos e outros insumos que podem ter origem dentro de comunidades tradicionais. Se possível, peça auxílio aos colegas professores de Geografia e História, para localizar comunidades e traçar seu perfil histórico.

CAPÍTULO 1

Vida

Múltiplas dimensões de um fenômeno complexo

Isabela Ribeiro

Menino no barco a caminho de comunidade ribeirinha do rio Morcego, no estado do Pará, 2015.

Quem lucra com os saberes tradicionais? Veja observação 1.

Do lugar em que temos razão
jamaiz crescerão
flores na primavera.
O lugar em que temos razão
está pisoteado e duro
como um pátio.
Mas dúvidas e amores
escavam o mundo
como uma toupeira, como a lavradura.

AMICHAI, Y. O lugar em que temos razão.
Poesia Sempre. Tradução de Nancy Rozenchan.
Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional, n. 8, 1997.

No livro **E se Obama fosse africano?**¹, o biólogo e escritor moçambicano Mia Couto identifica momentos em que a ciência tida como moderna pode se mostrar inútil. Ao atravessar as savanas africanas, por exemplo, ele reconhece que seus conhecimentos não o auxiliam a desvendar os segredos das nuvens, da terra, das árvores e dos animais. Percebe, ainda, que é preciso se afastar das certezas e resgatar uma sensibilidade ancestral perdida, que permite ler a realidade.

Analogamente, o poeta Yehuda Amichai² questiona a necessidade de ter razão, afirmando que são as dúvidas que tornam o solo fértil. Todavia, todos nós sabemos que abrir mão das certezas e não desejar sempre ter razão exigem um custoso exercício de humildade.

Em geral, quando falamos de ciência, estamos nos referindo à chamada ciência moderna, que, apesar de nascer em universidades e centros de pesquisa, coexiste com outros processos de obtenção e acumulação de conhecimentos, como os saberes tradicionais. No Brasil há numerosas populações tradicionais, e para elas adotamos a definição proposta por Antônio Carlos S. Diegues:

Comunidades tradicionais estão relacionadas com um tipo de organização econômica e social com reduzida acumulação de capital, não usando força de trabalho assalariado. Nela produtores independentes estão envolvidos em atividades econômicas de pequena escala, como agricultura e pesca, coleta e artesanato. [...]

DIEGUES, A. C. S. *O mito moderno da natureza intocada*. São Paulo: Hucitec, 2008.

Veja observação 2.

Comunidades tradicionais caracterizam-se pelo trabalho familiar, ligado ao próprio sustento, e pela tradição oral. São ribeirinhos, quilombolas, caiçaras e outros grupos, cada qual com seu conjunto de conhecimentos adquiridos em séculos de convivência com um meio natural que a visão urbana convencional entende como hostil. Outra marca dessas populações são as chamadas tecnologias de baixo impacto, associadas à agricultura, ao extrativismo ou à pesca em pequena escala, com baixo comprometimento da diversidade biológica.

Um exemplo da acumulação de saberes por essas populações é a utilização de plantas com propriedades curativas. Ribeirinhos e quilombolas, entre outros, detêm amplo conhecimento sobre espécies vegetais com ação terapêutica. Porém, parte significativa desse patrimônio cultural está desaparecendo por duas razões principais: a degradação do ambiente físico (por desmatamento e ocupação urbana) e o desenraizamento desses saberes na própria população, pois os membros mais jovens estão passando por um rápido processo de incorporação à vida social e profissional urbana. Se hoje preocupa a perda da biodiversidade decorrente da ocupação dos ambientes naturais pela agricultura, pecuária, indústria madeireira ou urbanização, também é alarmante a erosão cultural sofrida por esses povos, sistematicamente ignorados e ameaçados pela perda da terra, de seu espaço físico e social. A erosão cultural tem reflexos econômicos, pois envolve a apropriação indevida dos saberes dessas populações. Veja observação 3.

A sociedade aceita que o desenvolvimento de produtos rotulados como “modernos” seja creditado à indústria e às universidades; consequentemente, os recursos financeiros resultantes da comercialização de produtos e tecnologias baseadas em conhecimentos das populações tradicionais não são compartilhados com elas. Todavia, foi a acumulação histórica de conhecimentos que permitiu chegar a esses produtos.

Devemos indagar se os saberes tradicionais são apenas disparadores de saberes científicos mais elaborados ou se são parte integrante desses conhecimentos. Indo além, precisamos questionar se é ético a ciência moderna apropriar-se dos saberes tradicionais, testá-los, validá-los, ampliá-los e usufruir deles, desconsiderando o contexto social, histórico e geográfico de sua autoria.

¹ COUTO, M. *E se Obama fosse africano?: e outras intervenções*. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

² Poeta israelense nascido na Alemanha, 1924-2000.

3 – Atualmente, há uma preocupação crescente em proteger e sistematizar conhecimentos de comunidades tradicionais. Um exemplo é a criação de protocolos comunitários no arquipélago do Bailique (AM), desenvolvido pelo Grupo de Trabalho Amazônico (GTA), que pode ser conhecido em <<http://tub.im/bjh9hn>> (acesso em: nov. 2015).

Do que trata a Biologia?

mídia. Para isso, peça aos alunos que, durante uma semana, recortem artigos de jornais ou revistas que tratem de assuntos ligados à Biologia. Os artigos podem ser organizados em painéis, expostos e colocados em discussão em classe. Um tema para essa discussão poderia ser: Que relações esses assuntos têm com sua vida diária? Como podem afetar a vida das pessoas? O conhecimento biológico sobre o assunto influenciou no seu posicionamento?

Percebendo ou não, estamos constantemente lidando com Biologia. Afinal, os alimentos que comemos, as atividades físicas que executamos, as manifestações do afeto e da sexualidade, as doenças que nos afligem, as roupas que vestimos, os combustíveis que utilizamos e as mudanças ambientais estão, direta ou indiretamente, relacionados aos seres vivos. A Biologia (do grego *bíos*, vida, e *lógos*, que trata) é a ciência que estuda a vida, os seres vivos e as relações que eles estabelecem entre si e com o ambiente.

Já há algum tempo, temas relacionados à Biologia, como clonagem, terapia gênica, células-tronco, características do DNA e alimentos geneticamente modificados, aparecem com frequência em jornais, na TV e na internet. Assuntos como aquecimento global, redução da camada de ozônio e perda da biodiversidade não estão mais restritos às universidades e aos centros de pesquisa, tornando-se rotineiros na mídia por afetar diretamente nosso dia a dia e bem-estar.

Nós, cidadãos, devemos nos posicionar em relação a esses e tantos outros assuntos. Para isso, não bastam os conhecimentos sobre princípios biológicos, físicos e químicos dos assuntos em discussão. Devem ser considerados outros fatores, como a ética e os aspectos econômicos, políticos e culturais.

Veja um exemplo: o cultivo de plantas geneticamente modificadas, como a soja transgênica, ainda é assunto bastante polêmico e gera, há décadas, debates entre ambientalistas e agricultores. De um lado, ambientalistas destacam os potenciais riscos à saúde humana e ao ambiente decorrentes do plantio

Neste momento, é interessante instigar os alunos para que elenquem situações rotineiras em que a Biologia pode ser decisiva na tomada de decisão ou em um posicionamento diante de um determinado assunto. Essa discussão pode ser enriquecida com exemplos de assuntos abordados na

e do consumo dessas variedades; de outro, agricultores e empresas de biotecnologia e produção de sementes afirmam que as variedades transgênicas são inofensivas às pessoas e ao ambiente, além de economicamente vantajosas.

Motivações políticas e econômicas podem comprometer a isenção das pessoas no momento de analisar problemas. A melhor opção para evitar esse tipo de influência é o conhecimento. Mantendo-se bem informados, os cidadãos podem decidir melhor!

▶ Evolução, o sentido da vida

Em quase todo o Brasil, podemos encontrar aves da espécie *Vanellus chilensis*, conhecidas popularmente por quero-quero, em referência ao som que emitem. Em algumas regiões essa espécie é conhecida por outros nomes populares, tais como teté e espanta-boiada.

A observação dessas aves pode motivar algumas perguntas: Como é a estrutura de suas penas? Por que seus ovos são manchados? Por que os quero-queros gritam quando percebem alguma ameaça?

Se observarmos cuidadosamente uma pena do quero-quero (de preferência, com uma lente de aumento), veremos que ela apresenta um eixo principal de onde partem ramificações que, por sua vez, também se ramificam. A estrutura da pena garante resistência e flexibilidade, além de um eficiente efeito aerodinâmico, auxiliando o voo das aves. Tudo com muita leveza, fundamental para animais que voam.



Figura 1. Manifestantes na Marcha pelo Clima em frente ao MASP, em São Paulo, SP (em novembro de 2015). Na década de 2010, houve no Brasil uma acalorada discussão entre ambientalistas e agricultores, referente à aprovação, pelo Congresso Nacional, do novo Código Florestal. De um lado, os ambientalistas destacavam os potenciais riscos ao ambiente; de outro, os agricultores afirmavam que um Código muito restritivo retiraria a competitividade do Brasil no mercado mundial de produtos agrícolas.

Os ovos dessa espécie são manchados, o que facilita a camuflagem em meio às gramíneas ressecadas onde, em geral, os adultos fazem os ninhos.

Outra característica interessante do quero-quero é o comportamento ao ser ameaçado. Quando seu território é invadido, em vez de se esconder, o adulto inicia um verdadeiro alvoroço, gritando e andando para longe do ninho, expondo-se ao intruso e assumindo postura agressiva. Surpreende o fato de uma pequena ave colocar-se em atitude tão arriscada diante de pessoas ou de outros animais bem maiores que ela (figura 2).

A arquitetura das penas, o aspecto dos ovos e o comportamento dessas aves instigam a curiosidade e trazem indagações.

Durante o desenvolvimento dos embriões das aves, como se formam as penas, tão complexas e adequadas ao voo? Que grupos de animais as apresentam? Qual é sua composição química? Já foram encontradas penas em fósseis? E os ovos? Por que algumas aves (como o quero-quero) originam ovos manchados, enquanto outras produzem ovos brancos?

Com relação à estratégia do quero-quero diante de ameaças, por que a ave se expõe, em vez de se proteger? Que benefício traz esse comportamento, que coloca em risco a própria vida para desviar a atenção do invasor? Comportamentos desse tipo são comuns no reino animal? Existem na espécie humana?

As respostas a essas e muitas outras questões podem ser dadas pelo estudo da evolução das aves e, no nosso exemplo, dessa espécie em particular. O estudo da evolução é um dos ramos da Biologia, ciência tratada neste livro. Outras ciências também estarão presentes nestas páginas; afinal, a compreensão dos fatos só é possível em sua complexidade; para isso precisamos romper fronteiras. Não é possível estudar Biologia sem o auxílio da Geografia, da História, da Matemática, da Química e de outras áreas do conhecimento.

As ciências devem apresentar visão integrada da realidade, do cotidiano e dos fenômenos. Cada ciência tem instrumentos e linguagem próprios e formas peculiares de trabalho; porém, o objetivo de todas é ampliar e aprofundar o conhecimento sobre diversos aspectos do mundo, e o mundo é um só!

► Vida, ambiente e adaptação

Em 1973, o biólogo ucraniano Theodosius Dobzhansky (1900-1975) publicou um ensaio cujo título tornou-se célebre:

Nada em Biologia faz sentido, exceto à luz da evolução.

Ao afirmar que a evolução dá sentido à Biologia, Dobzhansky apoiou essa ciência em dois eixos: **ambiente** e **adaptação**. A Biologia trata de bilhões de anos de ocupação da Terra pelos seres vivos. A narrativa dessa história descreve como a vida adapta-se aos diversos ambientes, os quais também se alteram profundamente durante esse tempo. Dessa maneira, a Biologia procura explicar o surgimento de inovações adaptativas (por exemplo, como surgiram os vasos condutores de seiva das plantas ou como evoluiu a circulação nos vertebrados), os possíveis caminhos do processo evolutivo, bem como o ritmo e os mecanismos que proporcionam a evolução.

A evolução biológica envolve **processos únicos e irreversíveis**, como o desenvolvimento das plantas com flores, o aparecimento dos primeiros vertebrados terrestres, o desaparecimento dos dinossauros e a origem da espécie humana.

Quando um biólogo pergunta “por que tal fenômeno acontece” ou “como tal fenômeno acontece”, ele pode recorrer a uma **reconstrução histórica**. É evidente que, diante da tentativa de explicar a extinção dos dinossauros há 65 milhões de anos, não se imagina a realização de um experimento laboratorial. A resposta deverá ser buscada na reconstituição do evento por meio da análise de registros fósseis, da composição química das rochas e do clima da época, entre outras pistas.

Tentar compreender a Biologia de modo dissociado do processo evolutivo é como tentar entender um romance conhecendo apenas a descrição dos personagens, sem se preocupar com a história da vida de cada um e como esses personagens se relacionam entre si e com o ambiente. Sendo assim, se o estudo da Biologia não estiver estruturado pelos eixos **ambiente** e **adaptação**, essa ciência converte-se em uma lista interminável de nomes e processos desconexos e incompreensíveis.



Distribuição do quero-quero (*Vanellus chilensis*) na América do Sul



Fonte: SANTOS, E. S. A. Southern Lapwing (*Vanellus chilensis*), Neotropical Birds online. Cornell Lab of Ornithology, 2010. Disponível em: <http://neotropical.birds.cornell.edu/portal/species/overview?p_p_spp=144596>. Acesso em: nov. 2015.

Figura 2. (a) Um quero-quero “ameaça” um jogador. Essa ave frequentemente é vista em gramados de campos de futebol, às vezes protagonizando cenas curiosas com os jogadores. (b) No mapa, a área laranja representa a distribuição dessa espécie na América do Sul (quero-quero, 35 cm de comprimento).

Vida, um fenômeno complexo

Converse com os alunos sobre os conceitos de vida que eles trazem e que sempre reconheceram como absolutos. Apresente argumentos que provoquem reflexão sobre o significado da vida. Expanda a ideia: a vida de um organismo depende da vida de outro? No final deste capítulo, a reflexão poderá ser retomada.

O que é o tempo? Se ninguém me perguntar eu sei. Se eu quiser explicar a quem me fizer a pergunta, não saberei fazê-lo.

SANTO Agostinho. **Confissões**. 25. ed. Petrópolis: Vozes, 2011. (Coleção Pensamento Humano.)

Salvador Dalí. 1931. Óleo sobre tela. - MoMA, Nova York, Estados Unidos. Fotografia: Album/akg-images/afinstock. ©Salvador Dalí. Fundación Gala-Salvador Dalí/AUTV/S, Brasil, 2016



Figura 3. A persistência da memória (1931), óleo sobre tela do pintor Salvador Dalí. O artista catalão retrata, em uma paisagem árida, a fluidez do tempo, representada pelos relógios que parecem derreter.

Sabemos falar da passagem do tempo, do tempo passado, do presente e do futuro. Sabemos que, enquanto lemos estas palavras, o futuro chega e o presente transforma-se em passado. No entanto, responder de forma breve à pergunta “O que é o tempo?” é tarefa difícil, o que também vale para a pergunta “O que é a vida?”.

Em um dos livros de Lynn Margulis (1938-2011), cientista norte-americana, há o seguinte trecho:

[...] A pergunta “o que é vida?” é uma armadilha linguística. Para respondê-la de acordo com as regras gramaticais, devemos fornecer um substantivo, uma coisa. Mas a vida na Terra assemelha-se mais a um verbo. Ela conserta, sustenta, recria e supera a si mesma.

MARGULIS, L.; SAGAN, D. **O que é vida?** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

Dê uma olhada no que está ao seu redor. É possível que você identifique organismos vivos e objetos não vivos.

Apesar da atual sofisticação tecnológica e da quantidade de informações acumuladas a respeito dos seres vivos, nem mesmo os cientistas são capazes de definir vida em apenas uma frase.

Intuitivamente, sabemos distinguir uma ave de uma pedra, um cavalo de uma motocicleta. A ave e o cavalo têm vida, porque apresentam alguns atributos que caracterizam os seres vivos, como os que serão apresentados neste capítulo.

A compreensão da vida passa pelo entendimento de dois princípios aparentemente contraditórios: **diversidade e unidade**.

A diversidade da vida

De maneira geral, nosso planeta pode ser dividido em **litosfera** (porção sólida), **hidrosfera** (abundante quantidade de água que recobre mais de 70% da superfície terrestre) e **atmosfera** (camada gasosa que envolve o planeta). Nessas três porções podem ser encontrados seres vivos.

A vida como conhecemos restringe-se a uma fina camada com menos de 20 km de espessura (composta da superfície da crosta terrestre, dos oceanos e outras coleções hídricas e da camada inferior da atmosfera). É nesse pequeno espaço que se concentram todas as espécies de seres vivos, cujo número, ainda incerto, é estimado em mais de 10 milhões.

O conjunto de todos os espaços da Terra ocupados pela vida constitui a **biosfera**, que foi definida pelo biólogo norte-ameri-

cano Edward O. Wilson (1929-) como uma tapeçaria de formas de vida que se entrelaçam.

A biosfera pode ser dividida em numerosos **ecossistemas**, nos quais os seres vivos e os componentes não vivos interagem continuamente, influenciando-se de modo recíproco. Uma região de floresta, um banhado do Pantanal Mato-Grossense e uma área de deserto podem ser exemplos de ecossistemas.

Os componentes físicos e químicos dos ecossistemas, essenciais ao desenvolvimento e à manutenção da vida, são os **fatores abióticos** (ou seja, sem vida). Entre eles, destacam-se a água, as substâncias químicas do solo, os gases da atmosfera, a umidade do ar, a luz, a temperatura, a salinidade, o pH, entre outros. O conjunto de fatores abióticos de um ecossistema compõe seu **biótopo**.

▶ Pantanal: análise de um caso

O **Pantanal Mato-Grossense** é um ecossistema brasileiro bastante conhecido, cuja área cobre aproximadamente 150 mil km², distribuídos pelos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, estendendo-se ao Paraguai e à Bolívia. Seu relevo tem baixa declividade e é cortado por rios da bacia do Paraguai, dos quais recebe influência marcante. Durante o ano, no Pantanal, há duas estações bem definidas: a seca e a chuvosa. Entre os meses de outubro e março, o Pantanal vive a estação chuvosa. Nesse período, a água das chuvas enche lagoas e banhados e, ao transbordar dos leitos, deixa enorme área alagada (**figura 4**).

No Pantanal, podemos observar numerosos seres vivos: algas, cogumelos, orelhas-de-pau, angicos, palmeiras, aroeiras, ipês, gramíneas, formigas, mosquitos, caranguejos, caramujos, peixes, jacarés, serpentes, cágados, jaburus, garças, colhereiros, capivaras, cervos, ariranhas, onças-pintadas, entre outros.

O conjunto de todos os seres vivos que ocupam um mesmo ecossistema, como o Pantanal Mato-Grossense, constitui uma

comunidade (também chamada **biocenose** ou **biota**), a qual inclui todos os organismos, ou seja, os **fatores bióticos** do ambiente.

Jaburus, garças e colhereiros apresentam características distintas, que possibilitam, mesmo a quem não é ornitólogo (especialista em aves), perceber diferenças entre eles. Além disso, cada uma dessas aves só pode se reproduzir acasalando-se com indivíduos do mesmo tipo, pois pertencem a **espécies diferentes**. De acordo com a definição clássica, **espécie** é um conjunto de seres vivos semelhantes que podem se cruzar na natureza e originar descendentes férteis. Égua e jumento, por exemplo, não pertencem à mesma espécie, pois, mesmo que se cruzem, seus descendentes (burro ou mula) são estéreis. À medida que o conhecimento biológico se amplia, essa definição vem sendo modificada.

Todos os jaburus do Pantanal Mato-Grossense constituem uma **população**, conjunto de indivíduos da mesma espécie que ocupam determinado ecossistema, no mesmo intervalo de tempo. Os colhereiros do Pantanal Mato-Grossense, portanto, constituem outra população.

Os diversos seres vivos de um mesmo ecossistema não vivem isolados, mas **interagem** constantemente entre si e com o meio abiótico.

Aborde razões históricas e epistemológicas das modificações do conceito de espécie: cruzamentos em laboratório, troca de plasmídios entre bactérias de espécies diferentes, novas descobertas na área de genética etc.

Localização do Pantanal Mato-Grossense

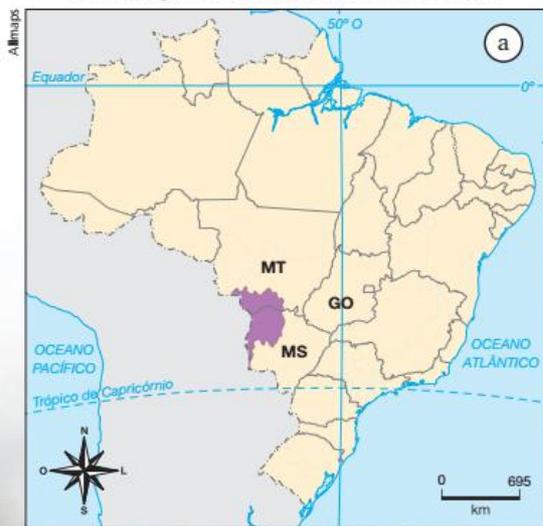


Figura 4. Aspecto de um banhado (Aquidauana, MS, 2013). (a) Localização geográfica do Pantanal Mato-Grossense (em lilás, no mapa), uma das mais exuberantes paisagens naturais do Brasil. Em destaque, algumas aves presentes no Pantanal: (b) jaburu (espécie *Jabiru mycteria*), (c) garça (*Casmerodius albus*, 90 cm de comprimento) e (d) colhereiro (*Platalea ajaja*, entre 65 e 85 cm de comprimento). A fauna do Pantanal Mato-Grossense é diversificada, e o jaburu (ou tuiuiú) é um dos seus representantes mais conhecidos. Considerado a ave-símbolo do Pantanal, o jaburu tem por volta de 1,5 metro de altura, longos membros inferiores, que permitem entrar na água para pescar, e um bico comprido, que facilita a captura de alimento (geralmente peixes, moluscos e insetos). Apesar do jeito desengonçado em terra, o jaburu pode voar com elegância. Os adultos constroem ninhos no alto das árvores, onde as fêmeas põem de 2 a 6 ovos e os filhotes recebem os cuidados dos pais.



Biodiversidade, a vida em interação

Por mais diferentes que pareçam, todos os ecossistemas apresentam a mesma organização básica, que chamamos de estrutura biótica. Neles, certos seres vivos (plantas, algas e alguns microrganismos) captam a energia luminosa e a armazenam como energia química em compostos orgânicos que produzem, geralmente, por fotossíntese. Esses seres vivos são chamados **produtores**. A matéria orgânica que os produtores sintetizam serve de alimento para eles e para os demais membros da comunidade (**figura 5**). As algas dos rios e das lagoas do Pantanal, bem como as plantas aquáticas e a vegetação das margens e de áreas de terra firme (gramíneas, arbustos e árvores), são os principais produtores desse ecossistema.

Em certos ecossistemas, como alguns encontrados no leito dos oceanos, a energia usada na síntese de matéria orgânica não é a energia luminosa, mas a energia química obtida de compostos inorgânicos, em um processo denominado **quimiossíntese**. Os organismos quimiossintetizantes também são produtores.

Por sua vez, os animais são exemplos de organismos que não são capazes de realizar fotossíntese ou quimiossíntese, necessitando obter matéria orgânica por meio da alimentação. Por isso, são denominados **consumidores**.

Determinados fungos e bactérias constituem uma classe particular de consumidores, chamados **decompositores**.

Os decompositores alimentam-se de restos de seres vivos, organismos mortos ou resíduos (como fezes e urina), convertendo-os em nutrientes inorgânicos, que são devolvidos ao ambiente e podem ser reaproveitados pelos produtores. Portanto, produtores e consumidores participam da circulação de matéria na natureza.

Nas águas das lagoas do Pantanal, algas e plantas aquáticas (produtores) produzem matéria orgânica e servem de alimento para animais (como crustáceos e peixes), que, por sua vez, são consumidos por outros peixes, aves e jacarés (também consumidores).

Os jacarés também se alimentam de outros animais, como capivaras, que ficam nas margens de rios e lagoas ou entram em suas águas, e aves e filhotes de aves, que caem dos ninhos situados em árvores próximas às águas. Restos de plantas e de animais mortos e resíduos (fezes e urina) sofrem a ação de fungos e bactérias (decompositores), que convertem matéria orgânica em compostos inorgânicos, reciclados e reutilizados como nutrientes por plantas, algas e determinadas bactérias, na síntese de matéria orgânica.

Portanto, os organismos componentes de um ecossistema não têm necessidade de buscar fontes externas de alimento, o que torna o ecossistema autossuficiente em alimentos, mas não em energia, que geralmente vem do Sol, na forma de luz.

Organismos fotossintetizantes ou quimiossintetizantes são **autótrofos** (ou **autotróficos**), enquanto consumidores e decompositores são **heterótrofos** (ou **heterotróficos**).

Podemos começar a apresentar a origem de certos radicais de uso recorrente em Biologia, como *auto* (próprio), *hetero* (diferente) e *trofos* (alimento).

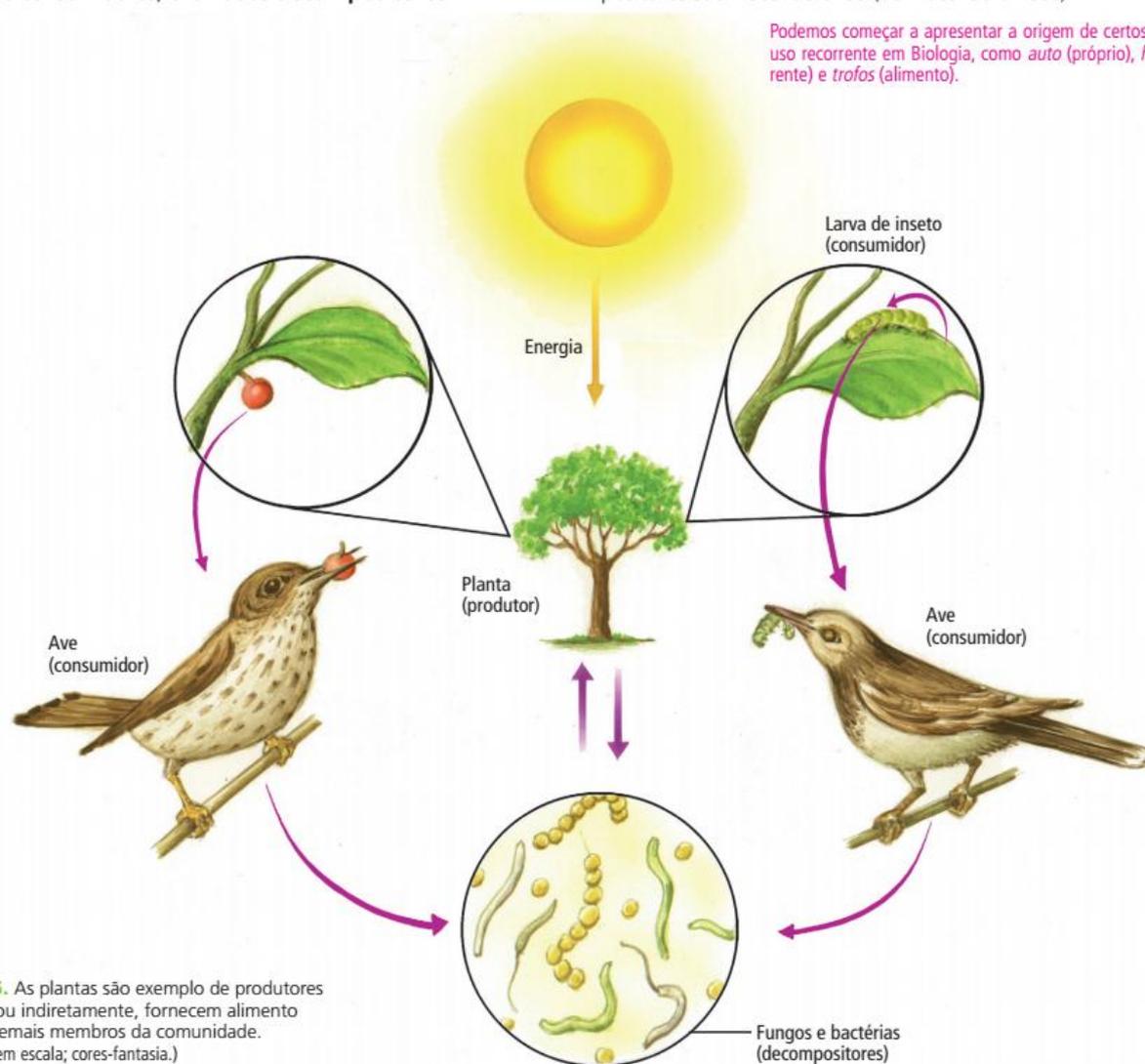


Figura 5. As plantas são exemplo de produtores e, direta ou indiretamente, fornecem alimento para os demais membros da comunidade. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Os autótrofos são aqueles que produzem matéria orgânica a partir de matéria inorgânica e de uma fonte de energia. Essa capacidade está ausente nos heterótrofos, que obtêm matéria orgânica necessária a sua sobrevivência alimentando-se de outros seres vivos ou de seus resíduos.

A palavra **biodiversidade** expressa a diversidade de tipos de seres vivos encontrados em um ecossistema. Quanto maior a biodiversidade, maior o número de espécies e de relações que elas estabelecem entre si. Além disso, o termo biodiversidade também pode se referir às variedades existentes dentro de cada uma das espécies, visto que seus membros não são idênticos.

▶ Hábitat e nicho ecológico

Nos ecossistemas, cada espécie está adaptada a seu **hábitat**, que é o **local** que ela ocupa na natureza e onde se desenvolve. O hábitat determina as condições de sobrevivência e reprodução de cada espécie. Por exemplo, o bico e as longas pernas do jaburu

facilitam a captura de alimento nas áreas alagadas do Pantanal, mas não seriam adequados à captura de insetos em voos curtos e rápidos por entre as árvores da Mata Atlântica.

Cada espécie apresenta um **modo de vida característico**. O conjunto de atividades da espécie em sua interação com a comunidade e com o ambiente físico (isto é, seu papel no ecossistema) representa o **nicho ecológico**, que inclui relações alimentares e obtenção de abrigo e de locais para reprodução, ou seja, como, onde e à custa de que a espécie se alimenta; para quem serve de alimento; quando, como e onde busca abrigo e se reproduz.

▶ O nicho ecológico inclui os **recursos** (como alimentos, água e gases), as **condições** (por exemplo, altitude, iluminação, temperatura e pH) e as **interações** (parasitismo, predação e outras) que permitem a sobrevivência da espécie em seu hábitat.

É interessante consolidar o conceito de nicho ecológico utilizando como exemplos os nichos de espécies nativas da região na qual a escola está inserida. Estimule a capacidade de análise dos alunos, sugerindo que investiguem animais e plantas locais. O trabalho de levantamento dos nichos dos organismos pesquisados pode ser exposto na forma de cartazes com fotos.

A unidade da vida

Cada ser vivo representativo de uma população (portanto, pertencente a uma determinada espécie) é um **organismo**. Muitos seres vivos (animais e plantas) têm o corpo formado por **sistemas**. No ser humano, por exemplo, encontram-se os sistemas cardiovascular, digestório, urinário, respiratório, nervoso e outros. Cada sistema é composto por **órgãos**, que, por sua vez, são constituídos por **tecidos**, e estes são formados por **células**. As folhas, por exemplo, são órgãos vegetais formados por diversos tecidos, inclusive o responsável pela fotossíntese.

Bactérias, protozoários, certos fungos e algumas algas possuem organização corporal mais simples; são formados por uma única célula e, por isso, denominados **unicelulares**. Outros seres vivos (por exemplo, certos tipos de algas e fungos, as plantas e os animais) são **pluricelulares**, pois são constituídos por muitas células, de tipos diferentes.

As células têm componentes fundamentais:

- **Membrana plasmática:** revestimento delgado que separa os meios intracelular e extracelular, controlando a entrada e a saída de substâncias.
- **Citoplasma:** espaço intracelular onde ocorre a maioria das reações químicas. Pode ser compartimentalizado, e cada compartimento, delimitado e com funções específicas, chama-se **organoide** (ou organela). São exemplos de orgânoides os cloroplastos (onde ocorre a fotossíntese) e os lisossomos (responsáveis pela digestão intracelular). As bactérias não têm orgânoides citoplasmáticos delimitados por membranas.
- **Material genético:** contém informações referentes à arquitetura e ao funcionamento das células. Certas células (por exemplo, as de bactérias) não têm núcleo organizado; nelas, o material genético encontra-se disperso no citoplasma.

As células são formadas por **átomos** arranjados em **moléculas**. Nos seres vivos, encontram-se também **macromoléculas** formadas pela união de dezenas ou centenas de moléculas menores. Dois importantes exemplos de macromoléculas são as proteínas e o DNA.

As atividades que o organismo executa envolvem a participação das células. O bombeamento de sangue pelo coração resulta da atividade das células que formam o músculo cardíaco.

▶ E os vírus, como os causadores da dengue e da aids? Eles podem ser considerados seres vivos? De acordo com os critérios habitualmente utilizados para definir vida, a resposta pode ser **sim** ou **não**. Os vírus não são formados por células, isto é, não têm organização celular, nem possuem atividade química própria. Eles se mantêm apenas porque utilizam o equipamento celular de organismos que parasitam. Entretanto, os vírus têm proteínas e ácidos nucleicos, reproduzem-se utilizando equipamentos biológicos das células parasitadas, evoluem, adaptam-se.

▶ Níveis de organização

Para entender o funcionamento de um sistema vivo (seja uma célula, um organismo pluricelular ou um ecossistema), não basta isolar seus componentes e estudar cada um deles individualmente. Essa abordagem é incompleta, em razão das propriedades e da complexidade que caracterizam a vida.

Na natureza, observam-se **níveis de organização e complexidade**. Caminhando no sentido da maior complexidade, dos átomos à biosfera, notam-se propriedades que não se manifestam nos níveis menos complexos. São **propriedades emergentes**, que aparecem após determinado nível de complexidade.

Um exemplo de propriedade emergente é a realização da fotossíntese: cloroplastos (orgânoides) isolados podem realizar, ao menos parcialmente, etapas da fotossíntese; já moléculas isoladas que constituem os cloroplastos não têm essa capacidade. Outro exemplo é a manutenção da temperatura corporal constante, propriedade que se manifesta em certos organismos (mamíferos e aves), mas não em sistemas ou órgãos isolados.

Da biosfera ao átomo

1

Biosfera

Conjunto de todos os ecossistemas da Terra, ou seja, soma de todas as regiões do planeta onde há vida.

2

Ecossistema

Formado por todos os seres vivos (comunidade) e os componentes não vivos (fatores abióticos) de uma determinada região com características próprias. Os ecossistemas são autossuficientes em alimento, mas não em energia, que geralmente vem do Sol, na forma de luz.

3

Comunidade

Conjunto de todos os seres vivos (**populações** das diversas espécies) que ocupam, simultaneamente, uma mesma região. Por exemplo, todos os indivíduos que habitam o Pantanal Mato-Grossense (bactérias, algas, plantas, crustáceos, moluscos, insetos, peixes, aves, mamíferos, entre outros) compõem uma comunidade.

4

População

Conjunto de indivíduos de uma mesma espécie, vivendo em um mesmo ecossistema, ao mesmo tempo. Os jacarés do Pantanal formam uma população.

5

Organismo

Cada **indivíduo** representativo de uma espécie, em geral, capaz de executar autonomamente as atividades necessárias à manutenção da própria vida e de se reproduzir.



Infográfico: Alex Argozino; Terra: NASA Images; Pantanal: Zlg Koch/Natureza Brasileira; Jacaré: Luciano Candisani/Minden Pictures/Latinstock; Molécula de glicose: Carlos Clairivan/SP/Latinstock

Figura 6. Representação dos níveis de organização. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)



12

Átomo

Menor unidade que preserva as propriedades de um elemento químico. Um **átomo de carbono**, por exemplo, é representativo desse elemento químico.

11

Molécula

Constituída por dois ou mais átomos de um mesmo elemento químico ou de elementos diferentes. Uma molécula de água (H_2O) contém dois átomos de hidrogênio (H) e um átomo de oxigênio (O). A **molécula de glicose** ($C_6H_{12}O_6$) contém seis átomos de carbono (C), doze de hidrogênio (H) e seis de oxigênio (O).



Mitocôndria

10

Organoide

Componente celular com certa autonomia estrutural e funcional, que executa determinada função na célula. Exemplo: os cloroplastos, que realizam a fotossíntese, e as **mitocôndrias**, que participam da respiração celular aeróbia.



9

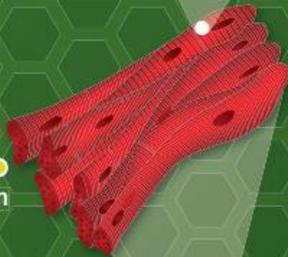
Célula

Menor unidade da vida, existindo como entidade isolada e autônoma (em organismos unicelulares, como uma bactéria ou uma ameba) ou como parte de um organismo pluricelular (como um jacaré ou uma samambaia). No corpo humano há dezenas de trilhões de células.

8

Tecido

Grupo de células semelhantes e com funções correlatas, acrescidas de substâncias que preenchem os espaços entre elas. São exemplos o **tecido muscular dos animais** e o tecido condutor de seiva das plantas.



7

Órgão

Uma estrutura anatômica e funcionalmente delimitada, formada por um ou mais tipos de tecidos. O coração e o estômago dos vertebrados são exemplos de órgãos, assim como as folhas das plantas.



Coração

6

Sistema

Grupo de dois ou mais órgãos que atuam em conjunto na realização de determinada função e que participam da manutenção da vida do organismo. O sistema cardiovascular e o sistema respiratório fazem parte do corpo de um jacaré e contribuem, cada qual a seu modo, para mantê-lo vivo.



Pulmão

Rim

Fígado

Estômago

Gônada





Figura 7. Comparando-se (a) uma capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*, 1,2 m de comprimento) com (b) uma jaguatirica (*Leopardus pardalis*, entre 70 cm e 1,2 m de comprimento), notam-se características distintas, entre as quais: tamanho e forma do corpo, dieta e dentição, tipo e coloração da pelagem. No entanto, esses animais também têm muito em comum: respiram, digerem alimentos, absorvem nutrientes, degradam e sintetizam diversas substâncias e alimentam-se de leite quando filhotes.

A jaguatirica (*Leopardus pardalis*) é um pequeno felino carnívoro cujo território estendia-se, originalmente, por quase toda a América do Sul, pela América Central e pelo sul da América do Norte. Embora não seja considerada uma espécie criticamente ameaçada de extinção, atualmente sua ocorrência é mais restrita. No Brasil, é encontrada na Mata Atlântica, no Pantanal Mato-Grossense e em algumas regiões da Floresta Amazônica.

Caçar, encontrar água, procurar parceiros sexuais e escapar de predadores (inclusive seres humanos) são algumas atividades realizadas pela jaguatirica, animal de hábitos predominantemente noturnos. Durante o dia, permanece a maior parte do tempo oculta nos galhos das árvores; à noite, sai em busca de alimento, como marsupiais (por exemplo, o gambá), roedores, lagartos e aves.

Os processos vitais que acontecem no corpo de uma jaguatirica, de uma capivara, de uma planta ou de outros organismos dependem de **fenômenos físicos e químicos**. Todas as funções básicas de um ser vivo (como alimentação, respiração, eliminação de resíduos e crescimento) resultam de uma intensa atividade que ocorre no nível celular e molecular. Essa atividade biológica, chamada **metabolismo**, resulta da capacidade que os seres vivos têm de (a) obter e transformar energia, (b) usar energia para se manter e crescer, (c) transformar um tipo de composto químico em outro, por meio de reações químicas, e (d) eliminar os resíduos dessas reações químicas.

Metabolismo (do grego *metabole*, mudança) é o conjunto de atividades físicas e químicas de um sistema vivo, altamente integradas e que permitem a manutenção da vida. O metabolismo envolve obtenção e liberação da energia, formação, desenvolvimento, manutenção e renovação dos componentes celulares. Dele fazem parte o **anabolismo** (processo em que, a partir de moléculas mais simples, são produzidas moléculas complexas) e o **catabolismo** (processo que possibilita a degradação de moléculas complexas, geralmente com liberação de energia e formação de moléculas menores).

Os fenômenos físicos não alteram a composição química da matéria. A mastigação é um exemplo de fenômeno físico: ela apenas fraciona porções de alimento em partículas menores, sem alterar sua composição química.

Os fenômenos químicos (ou **reações químicas**) envolvem interações entre moléculas e resultam em moléculas diferentes das iniciais. Retomando o exemplo da jaguatirica, os tecidos das presas que lhe servem de alimento contêm proteínas.

No tubo digestório, as proteínas são fracionadas em moléculas menores, os aminoácidos. Esse fato é um fenômeno químico, pois transforma um tipo de molécula em outro.

No corpo da jaguatirica, o sangue distribui compostos, como aminoácidos, glicose ($C_6H_{12}O_6$) e gás oxigênio (O_2), para os diversos tecidos que o constituem, onde são empregados em processos metabólicos.

A jaguatirica responde a estímulos ambientais, como cheiros, sons e sabores. A energia de que ela necessita para realizar todas essas funções é conseguida por meio da **respiração celular aeróbia**, uma sequência de reações químicas que, com consumo de gás oxigênio, liberam a energia dos alimentos (principalmente a energia contida na glicose), que é usada também na execução de atividades, como correr e produzir compostos essenciais à sua sobrevivência. Parte da energia liberada na respiração celular aeróbia perde-se para o ambiente, na forma de calor.

Não devemos confundir a respiração celular aeróbia com a **respiração pulmonar**, que engloba as trocas gasosas — absorção de gás oxigênio (O_2) e eliminação de dióxido de carbono (CO_2) — entre o ar do interior dos pulmões e o sangue que passa por eles.

As reações químicas que ocorrem na respiração celular aeróbia podem ser simplificadas nesta equação geral:



Além de constituírem fonte de energia, os alimentos também são estruturas de construção. Compostos obtidos nos tecidos que a jaguatirica ingere podem ser utilizados na produção de células musculares e de outros tecidos, ou para produzir compostos metabolicamente importantes.

Nos seres vivos, a composição química do interior das células e a do líquido intercelular que as envolve mantêm certa estabilidade, em um estado de **equilíbrio dinâmico**. Trata-se de uma propriedade importante, pois permite que os seres vivos se mantenham ajustados, mesmo diante de mudanças do ambiente. Essa constância do ambiente interno do corpo é denominada **homeostase**.

Como sinônimo de estabilidade em equilíbrio dinâmico, a palavra homeostase pode se referir a uma célula, a um organismo ou mesmo a um ecossistema.

Veja observação 1.

Cada um a seu modo, os sistemas do corpo contribuem para a manutenção da homeostase. Um exemplo: aves e mamíferos mantêm a temperatura corporal variando dentro de limites restritos, apesar das variações de temperatura do meio externo. Essa característica desempenha um papel importante na evolução desses animais, que podem ocupar uma ampla diversidade de ambientes, desde regiões extremamente quentes até regiões geladas. A regulação da temperatura corporal não se verifica em anfíbios, uma das razões pelas quais a maioria deles pode ser encontrada apenas em uma faixa restrita de temperatura ambiental.

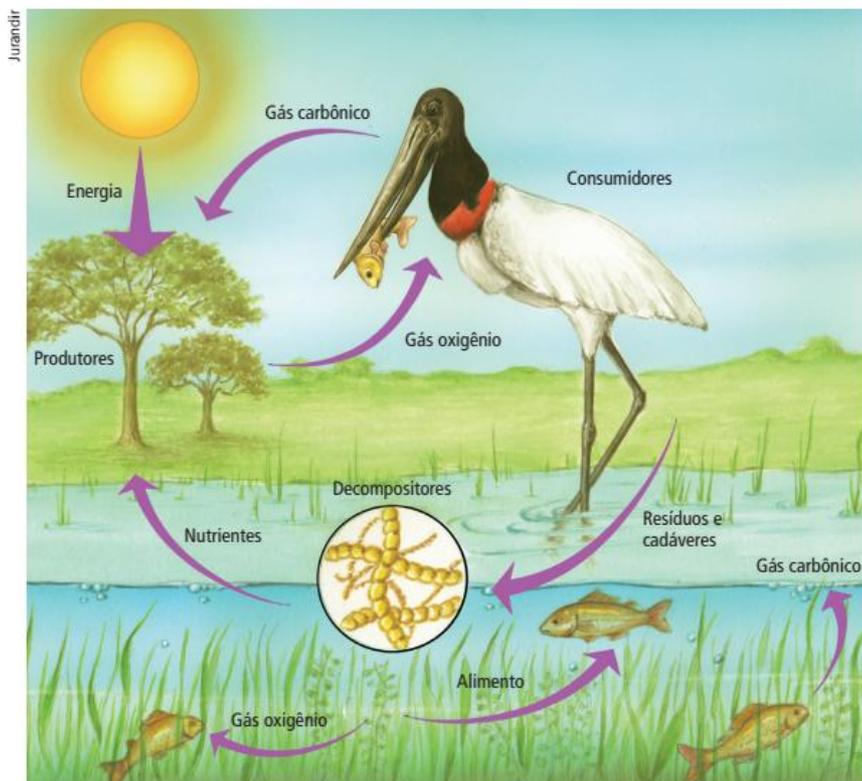
Os seres autotróficos usam energia luminosa na realização da **fotossíntese**, que possibilita uma transformação energética fundamental para a vida. Devido a certas estruturas celulares e a um pigmento chamado **clorofila**, presente no interior do cloroplasto (um tipo de organelo celular), a energia luminosa é absorvida e convertida em energia química, armazenada primariamente nas

moléculas de glicose, que são empregadas como alimento pelos próprios seres autotróficos ou pelos organismos que deles dependem, direta ou indiretamente. A fotossíntese também produz o gás oxigênio (O_2), usado na respiração celular aeróbia dos próprios seres autotróficos, bem como na dos seres heterotróficos.

As reações químicas que ocorrem na fotossíntese podem ser simplificadas nesta equação geral:



Nos ecossistemas, enquanto a matéria é **reciclada** pela ação de decompositores (e, posteriormente, de produtores e consumidores), a energia tem **fluxo unidirecional**, ou seja, não é reciclada. Inicialmente na forma de luz (em geral), converte-se em energia química presente nos compostos orgânicos e perde-se, finalmente, na forma de calor, que não é reutilizado.



1 – A compreensão sobre o que é energia exige dos alunos abstrações sobre os conceitos envolvidos. Auxilie-os a esse respeito, utilizando exemplos cotidianos (tais como o aquecimento provocado pelo atrito e a liberação de luz por um palito de fósforo), que facilitam o aprendizado.

2 – A definição de gene vem sendo alterada recentemente. Deixando de ser visto como a "unidade da hereditariedade", o gene é entendido como um segmento de DNA capaz de codificar a síntese de um polímero funcionalmente ativo, seja ele uma enzima, uma proteína estrutural, uma molécula de RNA não codificante (RNA ribossômico ou RNA transportador) ou uma molécula de RNA com ação catalítica (como as ribozimas).

3 – Podem-se apontar exemplos de mudanças que não modificam a composição genética dos gametas e, por isso, não são transmitidas aos descendentes: colocação de implantes subdérmicos, tatuagens, tingimento de cabelos, marcas produzidas por ferimentos e outros.

Figura 8. Todos os dias, a Terra recebe do Sol uma enorme quantidade de energia, parte dela na forma de luz. A maior parcela dessa energia é refletida para o espaço, mas uma pequena fração é retida e armazenada em moléculas orgânicas. Essa porção de energia permite a manutenção da vida no planeta. A inter-relação entre fotossíntese e respiração celular aeróbia é fundamental na conservação da estrutura biótica dos ecossistemas, garantindo o fluxo de energia e a reciclagem da matéria. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Material genético, um projeto de vida

Capivara e jaguatirica possuem células que empregam os mesmos aminoácidos, mas sintetizam proteínas diferentes. A síntese de proteínas e todas as demais reações químicas na célula dependem de informações contidas no **material genético** (DNA). Um segmento de DNA que contém instruções para a síntese de uma proteína é um **gene**. Veja observação 2.

► Agentes em interação

A determinação das características de um indivíduo não depende apenas do material genético. Ela resulta da **interação** entre as informações contidas no material genético, o funcionamento de outros componentes celulares e as **influências ambientais**. A cor da pele humana, por exemplo, é transmitida hereditariamente (figura 9), mas sofre influência da exposição ao Sol. Veja observação 3.

Os seres vivos transmitem aos descendentes o material genético que se encontra nas células reprodutoras. Por essa razão, as alterações que ocorrerem no organismo durante sua existência e que não afetarem as células reprodutoras não serão transmitidas aos descendentes.



Figura 9. A cor da pele humana é uma característica determinada hereditariamente, codificada pelo material genético, mas é influenciada por fatores ambientais, como a exposição à radiação solar.

A continuidade da vida

Por meio da **reprodução**, os seres vivos transmitem aos descendentes características próprias de sua espécie; assim, a morte de um indivíduo não significa o desaparecimento da espécie.

A **continuidade da vida** é possível porque os seres vivos, ao se reproduzirem, originam descendentes semelhantes; a **diversidade da vida** existe porque os descendentes podem ser diferentes entre si e de seus pais.

Duas são as formas gerais de reprodução: assexuada e sexuada. Usam-se, alternativamente, as expressões **assexual** e **sexual**.

Reprodução assexuada

Por meio da reprodução assexuada, organismos podem se dividir em dois (ou mais) ou desprender fragmentos capazes de se desenvolver e formar novos indivíduos. Os descendentes assim formados são, em geral, genética e morfológicamente iguais ao genitor.

A reprodução assexuada (**figura 10a**) é bastante comum em diversos grupos de microrganismos e habitualmente gera muitos descendentes. Outra característica é ser, em geral, eficaz em ambientes estáveis. Se um organismo está adaptado a seu meio, seus descendentes também estarão, pois são cópias genéticas idênticas ao genitor. Favorável para um, favorável para todos!

Nessa forma de reprodução, um organismo é capaz de originar descendentes que originam outros descendentes e assim sucessivamente. Em um ambiente ideal, podemos imaginar, por exemplo, bactérias reproduzindo-se indefinidamente, em uma sequência interminável de divisão de cada organismo em dois outros.

Todavia, uma população que se multiplica por reprodução assexuada é mais vulnerável a eventuais mudanças ambientais. Como os organismos são geneticamente muito semelhantes, estão todos igualmente sujeitos à morte, caso as condições ambientais tornem-se inadequadas. Desfavorável para um, desfavorável para todos!

Reprodução sexuada

Nesse tipo de reprodução (**figura 10b**), ocorre o intercâmbio de material genético entre dois genitores na formação do novo indivíduo. Em plantas, animais e outros organismos, a reprodução sexuada envolve a participação de células reprodutoras especializadas, chamadas **gametas**, responsáveis pela transmissão do material genético dos genitores para os descendentes.

Nas espécies com reprodução sexuada, cumprido o papel no ciclo de vida, com a reprodução e o nascimento dos descendentes, os organismos caminham para o envelhecimento e a morte.

A reprodução sexuada proporciona maior **variabilidade genética**. Os descendentes resultam do intercâmbio e da mistura de material genético dos genitores, e essa recombinação aumenta a **diversidade biológica**, cuja principal vantagem é aumentar a probabilidade de sobrevivência diante de mudanças ambientais.

Em um grupo com grande variabilidade genética e diversidade, pode haver indivíduos tolerantes a novas condições ambientais. Assim, caso ocorram mudanças no ambiente, há maior probabilidade de que parte dos organismos da população sobreviva e se reproduza, garantindo a manutenção da espécie.

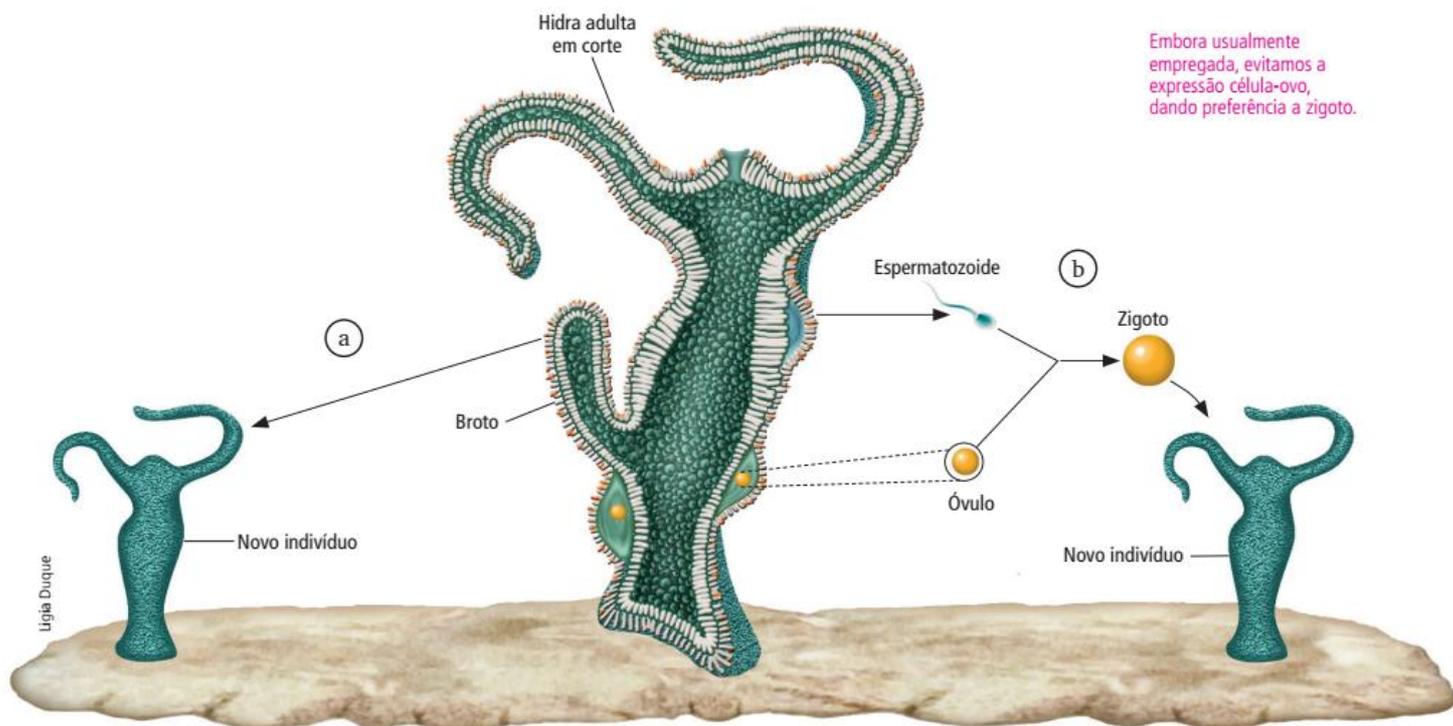


Figura 10. Alguns seres vivos apresentam ambos os tipos de reprodução, por exemplo, as hidras, pequenos invertebrados aquáticos do grupo dos cnidários. (a) Na reprodução assexuada, um broto surge e desprende-se do corpo da hidra, dando origem a outro indivíduo. (b) Já na reprodução sexuada, tomam parte os gametas. Os masculinos (espermatozoides) são pequenos e móveis, enquanto os femininos (óvulos) são grandes e não têm mobilidade própria. A união dos gametas chama-se fecundação e resulta no zigoto (ou célula-ovo), que originará um novo indivíduo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Os seres vivos são sempre os mesmos?

Agora, o senhor já viu uma estranhez? A mandioca-doce pode de repente virar azangada — motivos não sei; às vezes se diz que é por replantada no terreno sempre, com mudas seguidas, de manaibas — vai em amargando, de tanto em tanto, de si mesma toma peçonhas. E, ora veja: a outra, a mandioca-brava, também é que às vezes pode ficar mansa, a esmo, de se comer sem nenhum mal. E que isso é? [...]

ROSA, G. *Grande Sertão: Veredas*. São Paulo: Nova Fronteira, 2005.

Os seres vivos vêm mudando nos 4 bilhões de anos de sua história na Terra. A reprodução normalmente gera descendentes semelhantes aos ancestrais, o que dá a impressão de que a vida se repete sem alterações. Ocasionalmente, porém, os seres vivos podem apresentar características que antes não existiam nos organismos de sua espécie.



Figura 11. Fósséis são vestígios de seres vivos, preservados em ambientes naturais, por exemplo, em rochas, sedimentos, gelo e âmbar. A análise dos fósséis permite esclarecer aspectos sobre seres vivos do passado. O fóssil da imagem é de um trilobita (do grego *trilobos*, que tem três lobos ou partes), animal que contava com alguns centímetros de comprimento e habitava os oceanos, há cerca de 500 milhões de anos.

A laranja-da-baía (também conhecida por laranja-de-umbigo), por exemplo, corresponde a uma variedade sem sementes que surgiu por volta de 1800, de uma única laranjeira, em um pomar da Bahia. Dessa planta foram obtidas mudas que hoje são cultivadas em vários países do mundo. Essa variedade decorreu de uma **alteração no material genético** de um indivíduo, que se incorporou ao material genético da população de laranjeiras deste pomar. Assim, atualmente, todas as laranjas-da-baía têm umbigo e não produzem sementes.

Alterações no material genético dos organismos chamam-se **mutações**, que podem resultar no surgimento de novas características, as quais, por sua vez, podem ser transmitidas hereditariamente.

▶ Evolução e mudanças

A **evolução** é um processo contínuo de mudança pelo qual passam os seres vivos. Boa parte das ideias sobre evolução foi proposta pelos naturalistas ingleses **Charles Darwin** e **Alfred Wallace**, que elaboraram interessantes explicações sobre o mecanismo de adaptação dos seres vivos ao ambiente. Eventualmente, pode-se mostrar necessário mediar uma discussão a respeito do papel das religiões na concepção sobre a vida, suas origens e a evolução.

Embora não tenha sido o primeiro a tratar do processo de mudanças dos seres vivos, Charles Darwin (1809-1882) elaborou uma proposta consistente e amplamente aceita para explicar a evolução. Antes dele, outros — como o filósofo grego Empédocles (495-430 a.C.), o árabe Al-Jahiz (781-869 d.C.) e os franceses Buffon (1707-1788) e Lamarck (1744-1829) — já haviam sugerido explicações para as mudanças sofridas pelos seres vivos. As explicações propostas por Darwin vêm sendo permanentemente complementadas por novas descobertas, mas preservam a validade e a importância.

As explicações propostas por Darwin apoiavam-se em cinco ideias:

- As espécies **evoluem**, isto é, elas não são imutáveis e modificam-se com o tempo.
- As espécies atuais similares compartilham **ancestrais comuns**, ou seja, originaram-se de uma mesma espécie já extinta.
- Em uma mesma espécie há **diversidade**, isto é, os indivíduos têm características diferentes. Muitas dessas variações são herdáveis e transmitidas de uma geração para outra por meio da reprodução e podem originar **novas espécies**.
- A evolução é **gradual** ou, como disse Darwin, a evolução não costuma dar saltos.
- As populações são relativamente estáveis quanto ao número de indivíduos. Isso ocorre porque os portadores das variações favoráveis sobrevivem e reproduzem-se, enquanto os demais tendem a ser eliminados ou a não gerar tantos descendentes. Esse processo é a **seleção natural**.

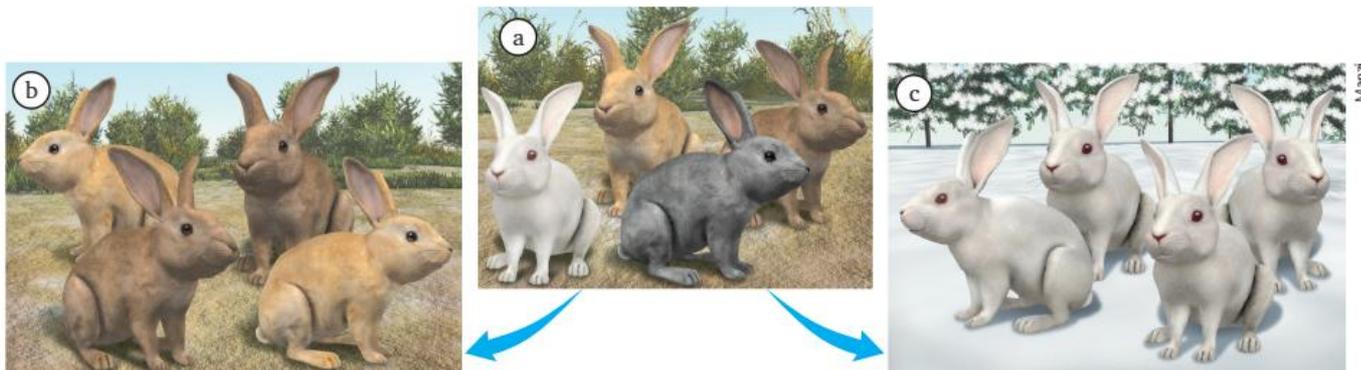


Figura 12. (a) Cada espécie desenvolve-se em determinado ambiente, onde apresenta um modo de vida peculiar e interage com outros seres vivos. (b) Nesse ambiente, características adaptativas facilitam a sobrevivência e a reprodução e tendem a predominar. (c) Alterações ambientais podem modificar os critérios de seleção natural. Uma característica favorável em um ambiente pode se mostrar desfavorável em outro, e os indivíduos portadores tendem a desaparecer. Outras características são selecionadas e passam a predominar. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A seleção natural estabelece uma **taxa diferencial de sucesso reprodutivo**: os indivíduos mais aptos (ou seja, portadores de características favoráveis) podem vencer as dificuldades apresentadas pelo ambiente, como obtenção de alimento, fuga de predadores, tolerância às variações climáticas etc. Ao sobreviverem a esses obstáculos, é provável que se reproduzam e deixem maior número de descendentes, e suas características possivelmente predominarão nas próximas gerações da espécie.

Com a ação das mutações e as mudanças ambientais (que alteram as pressões da seleção natural), as diferenças entre indivíduos de uma mesma espécie podem se acentuar a ponto de surgirem novas espécies a partir de ancestrais comuns.

Aspectos importantes sobre a evolução biológica:

1. Evolução biológica não é sinônimo de progresso, avanço ou melhoria; evolução biológica significa mudança das espécies.
2. Não é o ambiente que determina o aparecimento de características adaptativas. Agindo sobre a diversidade existente em cada espécie, o ambiente seleciona essas características, que tendem a predominar.
3. As exigências ambientais fazem uma característica favorável (adaptativa) ou desfavorável (não adaptativa). Certa característica favorável em um ambiente pode ser desfavorável em outro.

Leitura sugerida: EL-HANI, C. N.; MEYER, D. **A evolução da teoria darwiniana.** Disponível em <<http://tub.im/pc8oyt>>, acesso em: maio 2016.

► **História de 4 bilhões de anos**

A percepção de que existe ordem na aparente confusão reinante em um ambiente cheio de seres vivos é necessária para que possamos enxergar o grande elo entre eles: a **ancestralidade comum**.

A vida surgiu na Terra há mais de 4 bilhões de anos e vem evoluindo e se diversificando em numerosos ramos, que constituem todos os grupos de seres vivos atuais. Por isso costuma-se representar a história da vida na Terra como uma árvore cuja base remete aos primeiros seres vivos, enquanto as extremidades superiores correspondem às espécies atuais (**figura 13**). Ao longo dessa história, muitas espécies sofreram modificações significativas, outras se alteraram pouco, e muitas se extinguíram.

A evolução biológica não tem um propósito, ou seja, não há espécies melhores ou mais avançadas que outras. As espécies atuais estão adaptadas às condições ambientais atuais e poderiam ser extintas se submetidas a outras condições. As bactérias, por exemplo, existem na Terra desde os primórdios da vida e estão, ainda hoje, em praticamente todos os ecossistemas, mostrando que são bem-sucedidas no processo evolutivo.

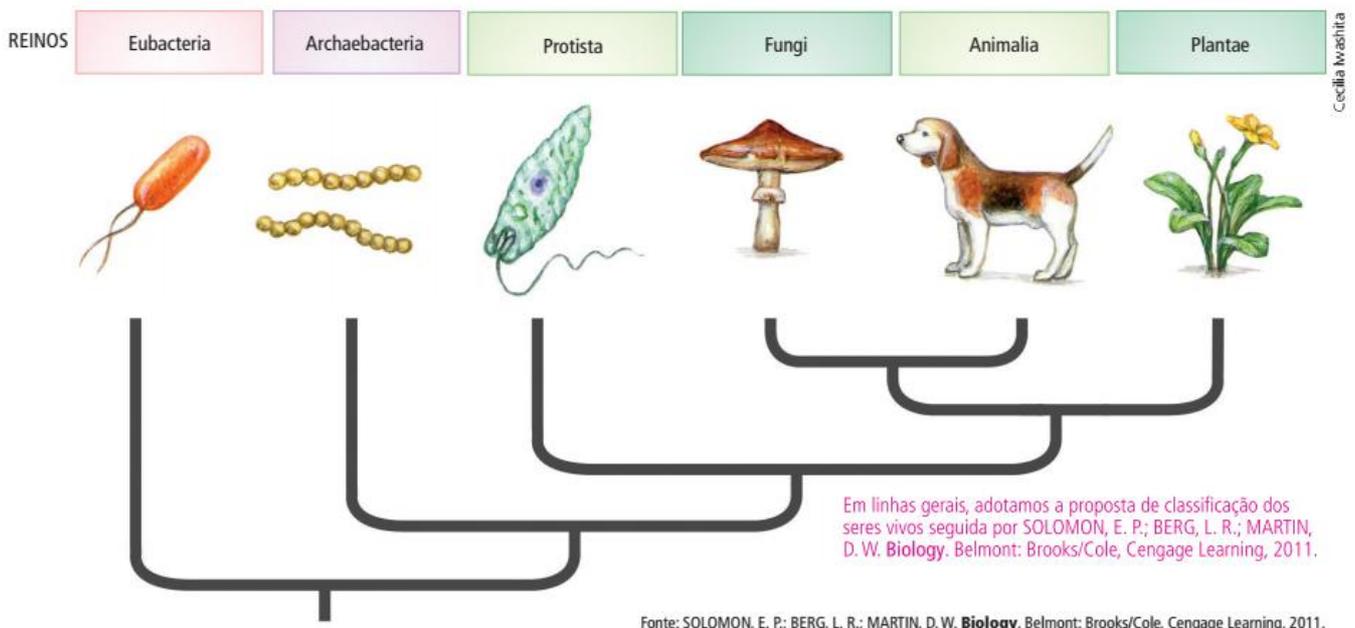


Figura 13. A relação de parentesco entre os seres vivos pode ser representada por esquemas semelhantes a árvores, chamados cladogramas. A base da representação corresponde aos primeiros seres vivos, e as extremidades dos ramos correspondem aos grupos de seres vivos atuais. Essa representação envolve informações complexas e muito elaboradas, cujas diferentes interpretações podem levar a outras versões da árvore. Além disso, esta pode sofrer modificações diante de novas descobertas científicas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Aparentemente, uma samambaia, um cogumelo e um pinheiro-do-paraná não apresentam nenhuma semelhança com um ser humano, uma ameba ou um cão. No entanto, essa semelhança existe entre todos os seres vivos, principalmente em nível celular e molecular:

- As células de todos os seres vivos são formadas, basicamente, pelos mesmos componentes.
- A composição química de todos os seres vivos é bastante parecida, tendo essencialmente as mesmas substâncias.
- As atividades são coordenadas por instruções armazenadas no material genético, semelhante quanto à constituição química e ao funcionamento.

Essas semelhanças são algumas das evidências que sugerem fortemente que ramos distantes da árvore representativa da vida têm ligação evolutiva e um ancestral comum.

Características gerais dos seres vivos

A vida, tal como o calor, não é uma coisa ou um fluido. O que observamos são alguns conjuntos inusitados de objetos separados do resto do mundo por certas propriedades peculiares [...]. A esses objetos escolhemos chamar "seres vivos".

MORISON, R. apud MARGULIS, L.; SAGAN, D.
O que é vida? Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

A vida caracteriza-se por um conjunto de **propriedades** encontradas em todos os seres vivos, entre as quais se destacam aquelas relacionadas com a manutenção da arquitetura e do funcionamento do organismo. Por exemplo, composição química, organização celular, metabolismo, correlação entre forma e função, excitabilidade, movimento, reprodução e hereditariedade, desenvolvimento, crescimento e evolução e adaptação.



Zig Koch/Natureza Brasileira

Figura 14. A evidente diversidade de organismos existentes no planeta esconde atributos comuns a todos os seres vivos e seu principal ponto de interseção: a ancestralidade comum (Pantanal, MT, 2012).

► Propriedades dos seres vivos

Explore as propriedades apresentadas utilizando exemplos dos ecossistemas de sua região.

1 Composição química

Os seres vivos são constituídos pelos mesmos tipos básicos de substâncias, isto é, em sua composição química há mais semelhanças do que diferenças. O predomínio da água e a presença de proteínas e de material genético, por exemplo, são características comuns aos seres vivos (na foto, piraputangas — *Brycon hilarii*, 40 cm de comprimento, em Bonito, MS, 2013).

Marcos Amend/Pulsar



2 Organização celular

Todos os seres vivos têm células com características básicas semelhantes: uma membrana limitante, uma substância fluida que ocupa seu interior e a presença do material genético. A organização celular é uma propriedade marcante dos seres vivos, desde os mais simples (como as bactérias) até aqueles com estrutura corporal mais complexa, como os fungos e os animais (na foto, borboleta do gênero *Cithaerias*, 3 cm de envergadura).

Thomas Marent/Wuab
Unlimited/CORBIS
Lainstock



3 Metabolismo e homeostase

Os seres vivos absorvem compostos do meio e transformam-nos em componentes de seus corpos. Os autótrofos fazem isso, habitualmente, por meio da fotossíntese; os heterótrofos, pela alimentação. Reações químicas organizadas em sequência, que constituem o metabolismo, fazem com que compostos sejam consumidos ou produzidos com grande eficiência, energia seja utilizada e resíduos sejam eliminados por mecanismos de excreção. O metabolismo mantém a homeostase (na foto, mico-estrela – *Callithrix jacchus*, 65 cm de comprimento, na Praia dos Carneiros, em Tamararé, PE, 2009).



Renato Grimm/Opção Brasil

4 Correlação entre forma e função

Nos seres vivos, por ação da seleção natural, há ajustamento entre estruturas e atividades, e cada componente apresenta forma adequada às funções que executa. Verdes e achatadas, as folhas se dispõem ao longo dos ramos da planta, captando a luz que empregam na fotossíntese. Delgadas e simétricas, as asas da borboleta (como esta, da espécie *Dryas iulia*, 8,5 cm de envergadura) batem e permitem o voo. Uma célula epitelial pode ser achatada, configuração adequada à função de revestimento.



Istock/Getty Images

5 Excitabilidade

É a capacidade de perceber estímulos ambientais e reagir adequadamente a eles; permite que os seres vivos busquem fontes de água, alimentos e energia, escapem de predadores ou encontrem parceiros reprodutivos. Na foto, macho de mariposa da espécie *Saturnia pavonia*, (6 cm de envergadura). Suas antenas plumosas, ricas em receptores químicos, possibilitam-lhe detectar no ar odores que indicam a presença da fêmea, podendo encontrá-la mesmo a grandes distâncias. A concentração de bactérias aeróbias junto a fontes de O_2 e o crescimento de plantas no sentido da fonte de luz também são exemplos de respostas a estímulos ambientais.



Hans Christoph Kappel/
NaturePL/Other Images

6 Movimento

Os seres vivos podem se movimentar deslocando o corpo todo ou parte dele. Ao avistar um inseto, o camaleão (na foto, indivíduo da espécie *Chamaeleo pardalis*, de 20 a 45 cm de comprimento) projeta a enorme língua e recolhe a refeição. Animais correm, nadam ou voam; o girassol executa movimentos que acompanham a posição do Sol; alguns organismos unicelulares podem se movimentar agitando pequenos cílios.



Stephen Dalton/Minden Pictures/Latinstock



Maurício Simonetti/Pulsar

7 Reprodução e hereditariedade

Os seres vivos podem originar descendentes, que apresentam as características gerais de seus genitores. A transmissão das características hereditárias depende do material genético. Organismos unicelulares reproduzem-se geralmente por divisão de uma célula em duas ou mais. Uma ave pode originar muitas ninhadas durante a vida, enquanto um coqueiro dispersa frutos com sementes, que, ao germinarem, formam novas plantas (na foto, casal de tuiuiús alimentando os filhotes, em Corumbá, MT, 2008).



Edelmann/SPL/Latinstock

8 Desenvolvimento

Obedecendo a uma sequência determinada de eventos, os embriões dos organismos pluricelulares (presentes, por exemplo, em sementes, nos ovos de aves ou no útero das fêmeas dos mamíferos) desenvolvem-se, aumentando progressivamente sua complexidade estrutural e funcional (na foto, feto humano com 14 semanas, com 8 a 10 cm de comprimento).



AndreAnita/Shutterstock.com

9 Crescimento

Quando um novo organismo se forma, ele geralmente é pequeno, mas cresce com o passar do tempo. Na foto, tirada na Tanzânia, o pequeno filhote de elefante da espécie *Loxodonta africana* (adulto apresenta de 7 a 8 m de comprimento) ainda não pode abandonar a proteção materna; no entanto, quando adulto, deverá ter as mesmas habilidades que seus pais e poderá se manter sozinho.

10 Evolução e adaptação

Cada ser vivo apresenta estruturas, atividades e comportamentos que permitem a sobrevivência e a reprodução em seu hábitat. Alterações do material genético determinam variações dentro de cada espécie, podendo causar o aparecimento ou o desaparecimento de estruturas e funções. Organismos portadores de variações favoráveis a um certo ambiente estão adaptados e têm maior chance de sobreviver e gerar descendentes, transmitindo suas características para as gerações seguintes (na foto, urso-polar da espécie *Ursus maritimus*, 2,5 m de comprimento, no Ártico do Canadá).



outdoorsman/Shutterstock.com

A notícia

A observação de um mapa permitirá que os alunos tenham noção da distância tratada no texto. Com a participação do professor de Geografia, explore as características dos ambientes citados (vegetação, presença de atividades extrativas e/ou indústrias na região etc.). Se julgar conveniente, resgate as informações do texto de abertura do capítulo e promova um conhecimento tácito (não registrado) na utilização de insumos naturais.

Modernidade não dá espaço a saberes tradicionais

Milhares de quilômetros separam E. S., de 79 anos, de A. C., de 76. O primeiro é morador do Parque Nacional do Jaú, pouco mais de 150 quilômetros a noroeste de Manaus, capital do Amazonas. O segundo vive na ilha de Búzios, a cerca de duas horas e meia de barco de Ilhabela, no litoral de São Paulo. A idade avançada poderia ser o único ponto comum entre os dois, mas não é. E. e A. têm, junto a seus nomes, respectivamente os rótulos de caboclo e de caiçara, pois fazem parte das chamadas populações tradicionais não indígenas brasileiras.

Por isso, são personagens de uma longa batalha, cuja vitória parece cada vez mais distante à medida que envelhecem. Enquanto A. pesca, como faz todo dia, no pequeno cais a 50 metros de sua casa, e E. se dedica à roça da mandioca,

junto a seus filhos e netos, seus modos de vida tradicionais vão sendo engolidos pela sociedade urbano-industrial, que não dá espaço para gente como eles em nenhum canto do Brasil.

Entre as muitas dificuldades que enfrentaram ao longo de sua existência, surge agora uma nova, ameaçadora: a perda da terra em que vivem. Como as chamadas populações tradicionais, na maioria dos casos, habitam áreas de grande biodiversidade, esses locais são alvo de políticas oficiais de preservação, cujo objetivo é proteger o meio ambiente e livrá-lo de qualquer interferência, mesmo de moradores que estão ali há várias gerações.

“Todas as populações tradicionais estão sob risco. Mas as que se encontram em pior situação são as do cerrado,

em função do desenvolvimento da agricultura industrial, e as da Mata Atlântica, devido à especulação imobiliária”, afirma Paulo Oliveira, coordenador do Centro Nacional de Desenvolvimento Sustentado das Populações Tradicionais (CNPT).

Mesmo na Amazônia, o panorama não é muito melhor. “Lá, a primeira ameaça aos caboclos é o avanço da frente madeireira. Outra é a expansão da agropecuária, representada principalmente pela soja e pelos pastos. Isso sem contar a pesca predatória e a mineração, que também prejudicam os ribeirinhos”, diz Oliveira.

[...]

FILHO, M. M. *Modernidade não dá espaço a saberes tradicionais*. Repórter Brasil. 1º abril 2005. Disponível em: <<http://reporterbrasil.org.br/2005/04/modernidade-nao-da-espaco-a-saberes-tradicionais/>>. Acesso em: nov. 2015.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler o texto da reportagem, faça as atividades propostas:

1. Segundo o autor do texto, qual é a principal característica comum aos dois personagens citados?
2. De acordo com a notícia, qual é a principal ameaça a que estão expostas as populações tradicionais não indígenas no Brasil?
3. Essa ameaça restringe-se às populações às quais pertencem os personagens citados no texto? Justifique sua resposta.

Atividades

Escreva no caderno

1. Observe a imagem a seguir:



- a) Apresente pelo menos três fatores abióticos e três fatores bióticos com os quais esse ser vivo se relaciona.
- b) Interessado em estudar os hábitos alimentares dessa espécie de ave, um pesquisador realizou análises em vários indivíduos em duas diferentes regiões. Apesar de algumas diferenças morfológicas que as aves dos dois grupos apresentavam, ele concluiu que se tratava de indivíduos de mesma espécie, embora de populações diferentes. Das observações abaixo, qual permitiu ao pesquisador chegar a essa conclusão? Justifique a resposta.
 - I. Viviam em ambientes semelhantes.
 - II. Apresentavam hábitos alimentares semelhantes.
 - III. O cruzamento entre os indivíduos dessas duas populações gerava descendentes férteis.

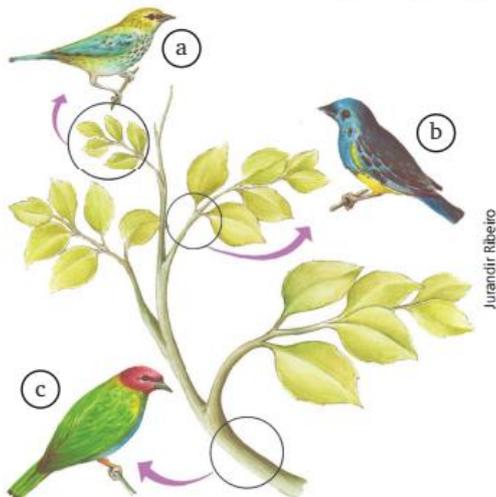
2. No último parágrafo de **A origem das espécies**, seu livro mais conhecido, Charles Darwin escreveu:

É interessante contemplar uma ribeira exuberante, atapetada com numerosas plantas pertencentes a numerosas espécies, abrigando aves que cantam nos galhos, insetos variados que saltitam aqui e acolá, vermes que rastejam na terra úmida, se se pensar que essas formas tão admiravelmente construídas, tão diferentemente conformadas, e dependentes umas das outras de uma maneira tão complicada, foram todas produzidas por leis que atuam ao nosso redor.

DARWIN, C. *A origem das espécies*. São Paulo: Madras, 2004.

- a) Qual conceito ecológico Darwin implicitamente apresenta?
 - b) De acordo com seu papel ecológico, os seres vivos classificam-se em produtores, consumidores e decompositores. Desses três grupos de organismos, são necessários pelo menos dois para que um ecossistema se mantenha. Quais são eles? Justifique.
 - c) De acordo com esses três papéis ecológicos, classifique os seguintes seres vivos: algas, bactérias, orelhas-de-pau, samambaias, gramíneas, capivaras e onças-pintadas.
3. Na Inglaterra, o principal inimigo natural de uma espécie de caramujos é uma ave, o tordo canoro. Em geral, os caramujos que vivem no solo das florestas têm concha escura, enquanto os que vivem nos campos possuem concha amarela. Elabore uma hipótese que permita explicar essa diferença.

4. Três espécies de saíras, aves encontradas em florestas pluviais tropicais da América Latina, alimentam-se de insetos. Entretanto, a saíra-pintada (a) captura insetos na face inferior das folhas, a saíra-do-bando (b) captura-os em finos galhos verdes, enquanto a saíra-da-cabeça-castanha (c) alimenta-se de insetos que se encontram nos galhos principais.



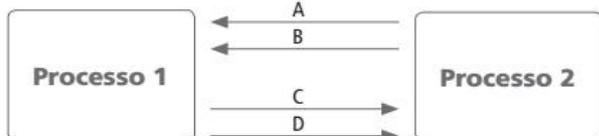
Utilizando esse exemplo, diferencie hábitat e nicho ecológico.

5. O vencedor do Prêmio Nobel de Medicina ou Fisiologia em 1937, Albert Szent-Györgyi escreveu:

[...] há somente uma vida e uma única matéria viva; entretanto, ela pode manifestar-se de diferentes maneiras, com grande variedade de estrutura e funções. Somos todos “folhas recentes de uma mesma velha árvore da vida” e, embora essa vida tenha se adaptado a novas funções e condições, utiliza os mesmos velhos princípios o tempo todo.

SZENT-GYÖRGYI, Albert apud HUXLEY, H. E. In: **Search and Discovery: A tribute to Albert Szent-Györgyi**. New York: Academic Press, 1977. (Tradução nossa.)

- a) Analise o significado dessa afirmação, tendo em mente a organização dos seres vivos e seus processos metabólicos.
b) Analise o esquema a seguir, que representa a relação entre a fotossíntese e a respiração celular aeróbia:



Se a letra A representa o gás carbônico, o que representam a letra B e o processo 2, respectivamente?

6. Leia os textos abaixo:

Texto I

Interessada em renovar seu jardim, uma pessoa foi informada de que poderia plantar roseiras e violetas-africanas por meio de mudas: no caso da roseira, deveria cortar pedaços do caule da planta-mãe e, no caso da violeta, cortar as folhas, e enterrá-los no solo. Assim, cada pedaço ou folha originaria uma nova planta.

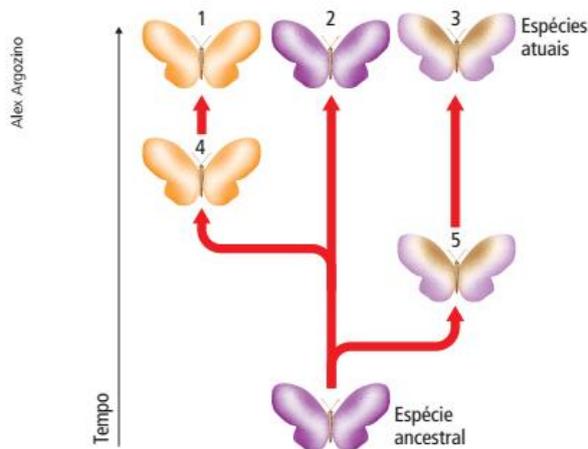
Texto II

Várias mudas retiradas de uma mesma planta da espécie *Horkelia californica* foram cultivadas em ambientes de diferentes altitudes. Ao nível do mar, atingiam sempre uma altura considerável; em grandes altitudes, cresciam pouco e chegavam a morrer.

Considerando as informações dos textos, responda:

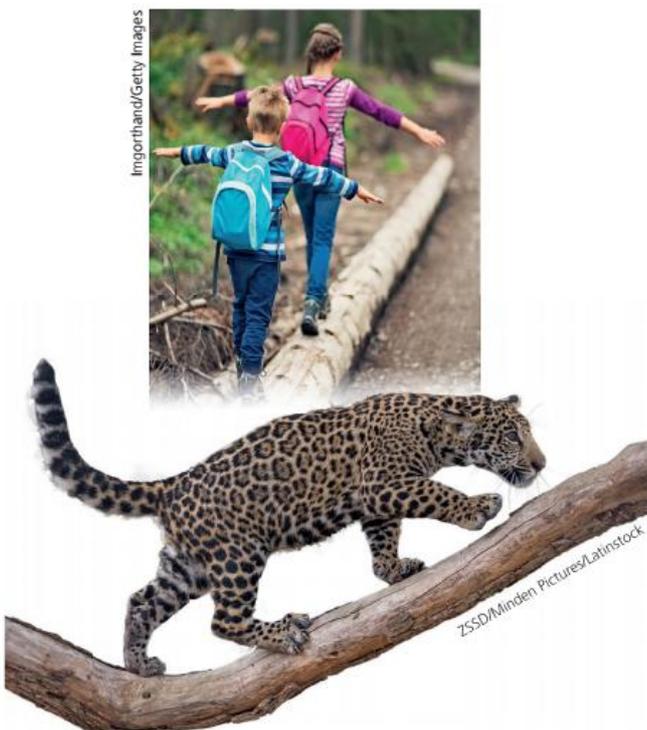
- a) O método empregado na replicação da roseira e da violeta-africana envolve que tipo de reprodução?
b) Quais as vantagens desse método? Que risco ele poderia representar no caso de ataque da plantação por uma praga?
c) Que fatores estão envolvidos na determinação das características dos seres vivos?
d) Que informações presentes no texto II permitem chegar a essas conclusões?

7. Observe a árvore evolutiva a seguir e analise as afirmativas.
I. As espécies 4 e 5 originaram-se de uma espécie ancestral comum.
II. O surgimento da espécie 1 foi mais recente que o da espécie 3.
III. Não deve haver semelhanças entre as espécies 2 e 3.



Quais afirmativas podem ser admitidas como verdadeiras? Justifique as respostas.

8. Observe as duas imagens a seguir.



Empregando informações delas obtidas, discuta características e propriedades comuns a todos os seres vivos.

CONEXÕES

Pode-se solicitar a participação do professor de Matemática para explorar e expandir esse vasto assunto.

Biologia e linguagem matemática: expressando graficamente as informações

Em Biologia, é comum a apresentação de informações na forma de gráficos, tabelas, diagramas e infográficos, cuja análise permite compreender fenômenos e situações, apontar tendências, fazer previsões e orientar a tomada de decisões.

De preferência, as representações gráficas devem ter aspecto agradável e moderno, sem congestionamento de informações, apresentar fácil leitura e permitir rápida compreensão.

Observe os exemplos a seguir.

Gráfico 1

Pressão arterial sistólica e quantidade de NaCl ingerida

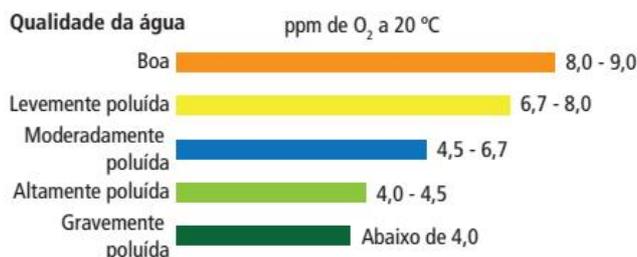


Fonte: POSTLETHWAIT, J. H.; HOPSON, J. L. *Modern biology*. Austin: Holt, Rinehart and Winston, 2006.

Ao explorar o gráfico 1, destaque a importância do controle dietético na prevenção da hipertensão arterial, bem como de outros fatores, tais como: controle da obesidade, atividade física regular, controle periódico da pressão arterial etc.

Gráfico 2

Qualidade da água e quantidade de O₂ dissolvido

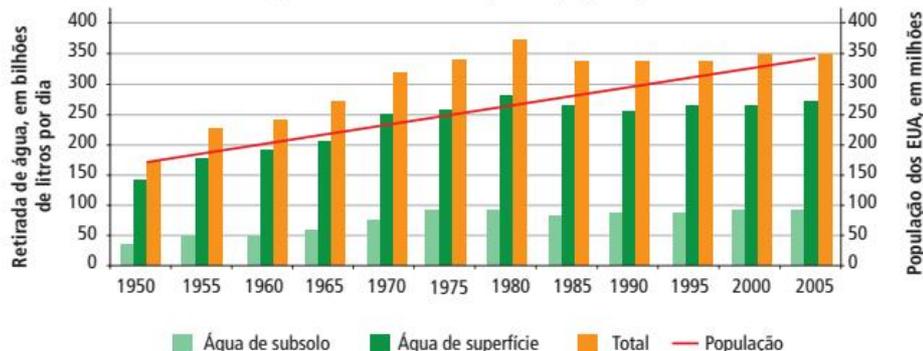


Fonte: MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. *Environmental Science*. Belmont: Cengage Learning, 2016.

Gráficos: Editoria de arte

Gráfico 3

Quantidade de água retirada e variação da população humana nos EUA



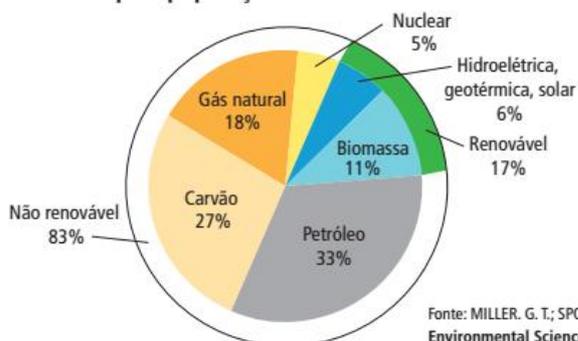
O gráfico 1 mostra como a pressão arterial sistólica é influenciada pela quantidade ingerida por dia de cloreto de sódio (sal de cozinha). O gráfico 2 evidencia como a qualidade da água pode ser classificada de acordo com a quantidade de gás oxigênio dissolvido (em ppm, partes por milhão). No gráfico 3, as barras mostram as quantidades de água retiradas (de fontes do subsolo, de fontes de superfície e o total) nos EUA, enquanto a linha mostra a população humana no país (em milhões).

Fonte: BOTKIN, D. B.; KELLER, E. *Environmental Science*. New York: J. Wiley, 2014.

Também são muito utilizados o gráfico "de pizza" (ou de setor) e o gráfico "de rosca", que assumem para a volta completa (ou 360°) a totalidade (ou seja, 100%) dos dados apresentados. Os exemplos a seguir mostram, respectivamente, (4) as principais fontes de energia usadas pela população mundial em 2010 e (5) a composição dos principais poluentes atmosféricos.

Gráfico 4

Principais fontes de energia usadas pela população mundial em 2010



Fonte: MILLER, G. T.; SPOOLMAN, S. *Environmental Science*. Belmont: Cengage Learning, 2016.

Gráfico 5

Proporção dos principais poluentes atmosféricos



Fonte: RAVEN, P. H. et al. *Environment*. New York: John Wiley & Sons, 2012.

As aparências enganam!

Por diversos motivos, análises superficiais de gráficos podem induzir a leituras equivocadas ou distorcidas, como mostra o exemplo a seguir:

Em um país hipotético, a taxa de mortalidade infantil (TMI, expressa em mortes durante o primeiro ano de vida, por mil nascimentos) variou em um período de cinco anos, como indica a tabela:

Ano	2008	2009	2010	2011	2012
TMI	23,33	22,58	21,86	21,2	20,5

Para convencer a população da eficiência das políticas públicas na área social, o governo local divulgou o gráfico 1. Políticos de oposição criticaram o governo, publicando dias depois o gráfico 2, com o qual procuravam demonstrar a ineficiência dessas políticas públicas.

Gráfico 1

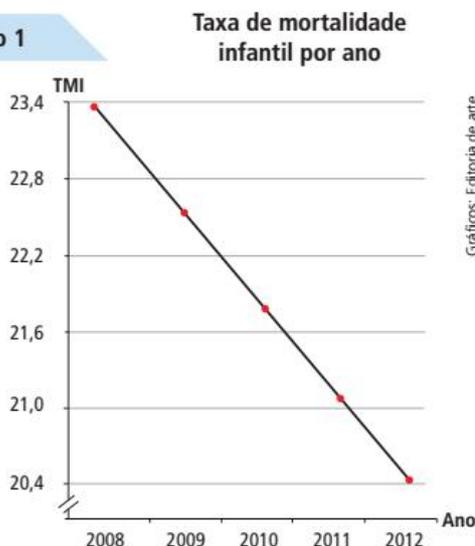


Gráfico 2



Analisando-se os gráficos, conclui-se que:

- o gráfico 1 apresenta redução da TMI menor do que o gráfico 2.
- o gráfico 2 apresenta redução da TMI menor do que o gráfico 1.
- o gráfico 1 apresenta a redução real da TMI, e o gráfico 2 é incorreto.
- o gráfico 2 apresenta a redução real da TMI, e o gráfico 1 é incorreto.
- a aparente diferença da redução da TMI nos dois gráficos decorre da escolha de escalas diferentes.

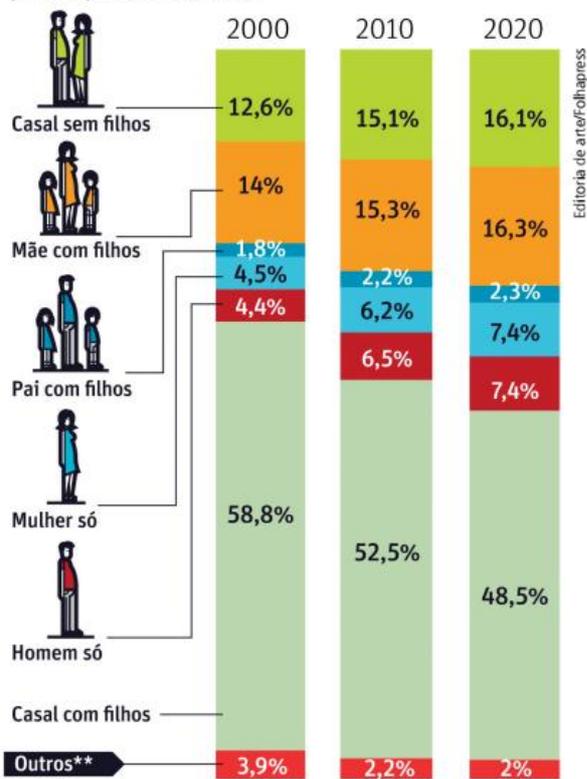
A resposta para essa questão está na análise da tabela, que informa claramente que a TMI era de 23,33 mortes por mil nascimentos (2008) e passou para 20,5 (2012). Se observarmos as variações nos gráficos, veremos que ambos indicam a mesma redução numérica da TMI, no período considerado. Porém, o gráfico 1 “alongou” a escala, realçando a queda da TMI; o gráfico 2 “achatou” a escala, dando a impressão de certa estabilidade. Portanto, a alternativa correta é a da letra e.

Infográficos e diagramas

Apresentados graficamente, os dados numéricos podem acompanhar-se de esquemas, desenhos ou fotografias, como no exemplo a seguir:

LARES BRASILEIROS

O que mudou e quais são as projeções para a próxima década*



Fonte: Censos demográficos do IBGE e projeção para 2020 com base em cálculos de José Eustáquio Alves, demógrafo *Porcentagens baseadas no total de domicílios **Pessoas sem parentesco ou irmãos que moram juntos sem os pais

Fonte: Lares brasileiros: o que mudou e quais são as projeções para a próxima década. Folha de S.Paulo, 25 dez. 2012.

O infográfico apresenta simultaneamente diversas informações. A partir da análise dos dados, é possível responder às questões abaixo. Veja:

- Em 2000, qual era a porcentagem conhecida de lares formados por casais com filhos?

A resposta vem da observação direta do infográfico. Em 2000, os casais com filhos correspondiam a 58,8% dos lares pesquisados.

- Em 2010, qual era a porcentagem conhecida de lares sem filhos?

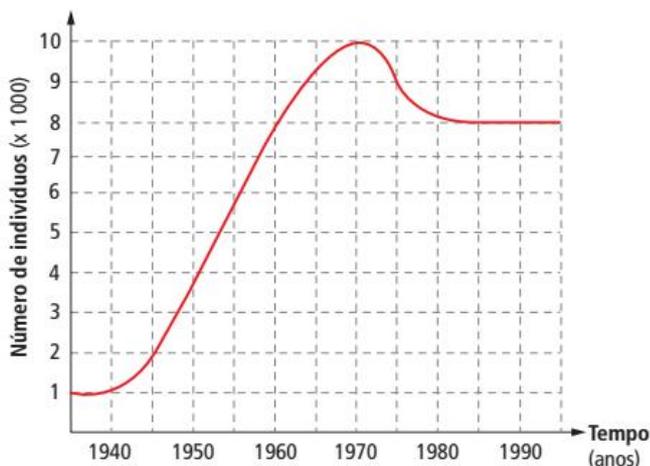
Resposta: Em 2010, lares sem filhos correspondiam à soma dos lares formados por casal sem filhos (15,1%), mulher só (6,2%) e homem só (6,5%), totalizando 27,8% dos lares pesquisados.

Escreva no caderno

Depois da leitura, faça o que se pede:

Não devemos limitar a participação dos alunos na realização das atividades. Envolve-os com as informações de cada gráfico apresentado; extrapole os dados pedidos para análise em cada atividade; peça que apontem outras informações obtidas na leitura e verifique se o desenvolvimento do raciocínio é coerente.

1. (Enem/MEC) O número de indivíduos de certa população é representado pelo gráfico:



Em 1975, a população tinha um tamanho aproximadamente igual ao de:

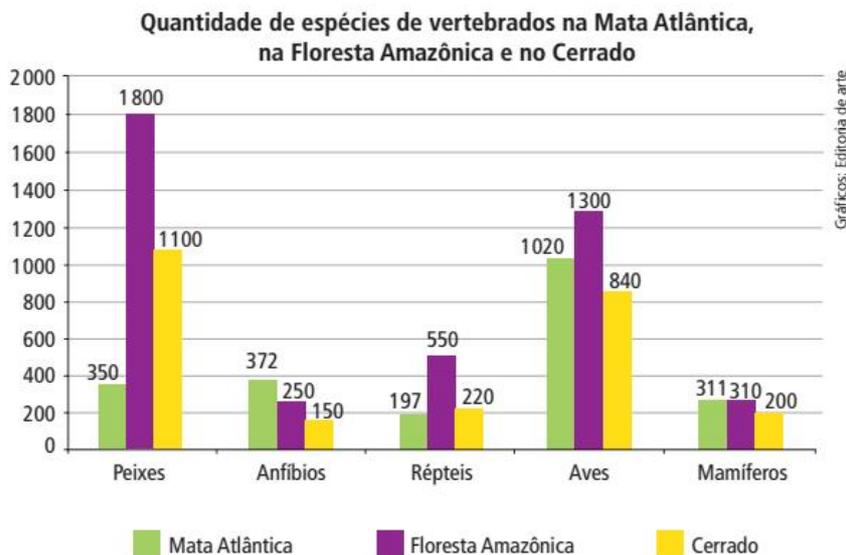
- a) 1960 c) 1967 e) 1980
 b) 1963 d) 1970

2. Para investigar os efeitos da temperatura sobre a atuação da saliva na digestão do amido, um pesquisador colocou saliva e determinada quantidade de amido em cinco tubos de ensaio, mantidos em diferentes temperaturas por 24 horas. Após esse período, avaliou, em cada tubo, a porcentagem de amido digerido. Os resultados obtidos estão na tabela a seguir:

Tubo	Temperatura (° C)	Porcentagem de amido digerido
1	2	2
2	8	10
3	20	25
4	37	85
5	45	5

Após a elaboração do gráfico, peça aos alunos que procurem relacionar a temperatura ótima de funcionamento da enzima e a temperatura corporal humana. No seu caderno, represente graficamente os dados da tabela. Escolha o modelo de gráfico que julgar mais adequado.

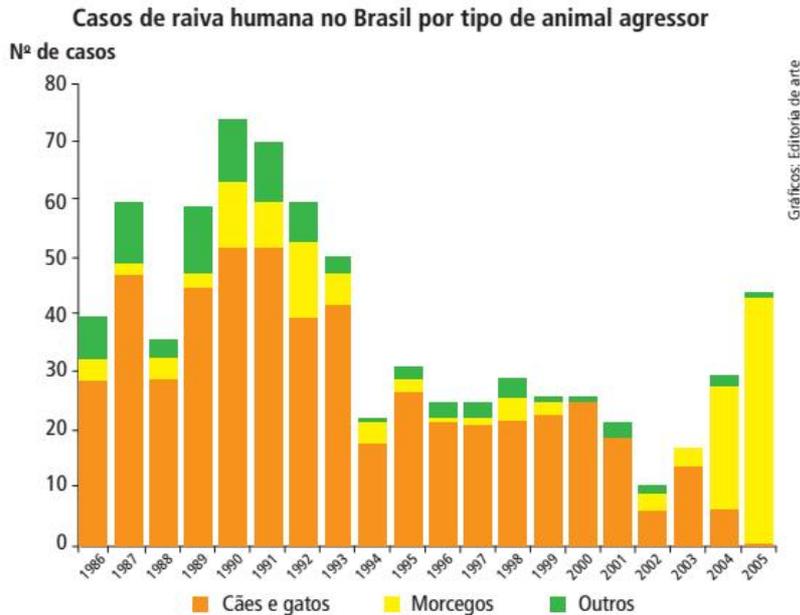
3. O gráfico a seguir representa a biodiversidade de vertebrados (expressa pelo número de espécies) em três importantes ecossistemas brasileiros:



Com base nas informações apresentadas, responda qual é a única alternativa correta:

- a) O ecossistema com a ictiofauna mais diversificada é a Mata Atlântica. *Ictiofauna (do grego ikthys, "peixe") refere-se à porção da fauna relativa aos peixes.*
 b) Em todos os ecossistemas, a maior biodiversidade é verificada entre os mamíferos.
 c) A diversidade de espécies de aves é maior na Mata Atlântica que no Cerrado.
 d) Existem mais espécies de répteis na Floresta Amazônica do que espécies de peixes no Cerrado.
 e) No Cerrado, há mais espécies de anfíbios que de aves.

4. O gráfico a seguir mostra uma série cronológica de casos de raiva humana no Brasil, classificados por animal agressor, entre 1986 e 2005:



Fonte: Boletim eletrônico epidemiológico, Secretaria de Vigilância em Saúde (MS), ano 6, n. 2. 30 ago. 2006.

A partir da análise dos dados, julgue verdadeiro (V) ou falso (F) as afirmativas a seguir:

- I. Entre 1990 e 2000, cães e gatos foram os principais causadores da raiva humana.
- II. No ano de 1990, não foram notificados casos de raiva humana cujo animal agressor foi o morcego.
- III. Nos últimos anos da série, nota-se alteração significativa do perfil epidemiológico das causas de raiva humana no Brasil.
- IV. Cães, gatos e morcegos foram os únicos responsáveis pelos casos de raiva humana no Brasil, no período considerado.
- V. A vacinação de cães e gatos contra a raiva explica o aumento no número absoluto de casos de raiva causada por morcego a partir de 2003. **V, F, V, F, F**

5. A tabela e o gráfico apresentam dados populacionais de três estados brasileiros. O raio dos gráficos de setor (com as proporções das populações urbana e rural) é diretamente proporcional à população total de cada estado.

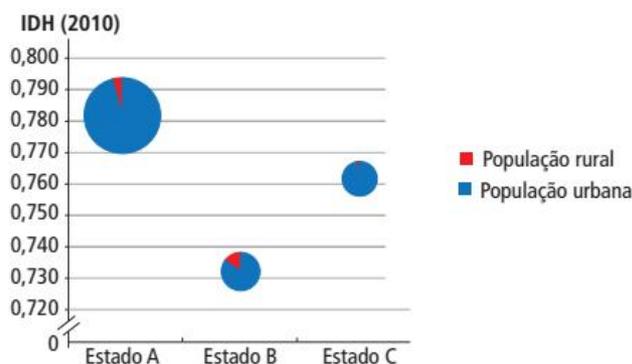
Dados populacionais de três estados da região Sudeste do Brasil

Estado	Minas Gerais	Rio de Janeiro	São Paulo
População total (em 2010)	19 597 330	15 989 929	41 262 199
População urbana	85,3%	96,7%	95,9%
População rural	14,7%	3,3%	4,1%
IDH (em 2010)	0,731	0,761	0,783

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/index.php>>. Acesso em: dez. 2015.

Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um indicador criado pela Organização das Nações Unidas (ONU) para quantificar o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida de diferentes países ou regiões. Sua determinação leva em conta diversos fatores, como taxa de mortalidade e de natalidade, porcentagem de pessoas alfabetizadas, grau de escolaridade média da população, renda e outros.

Dados populacionais de três estados da região Sudeste do Brasil



- a) Quais são, respectivamente, os estados A, B e C indicados no gráfico?
- b) Justifique a resposta anterior, analisando individualmente os três indicadores citados (população total, proporção das populações urbana e rural e IDH).

A célula

Um sistema eficiente



Johannes Vermeer. 1668. Óleo sobre tela. Museu do Louvre. Paris, França

1 – Essa abertura propicia trabalhos em conjunto com professores de outras áreas. Por exemplo, o de História pode abordar aspectos da Contrarreforma, época em que a obra foi pintada, e o professor de Arte poderá contribuir com a exploração da imagem destacando a temática e o papel das cores na obra de Jan Vermeer. Além disso, pode explorar as características de outras obras deste período: características de estilo, como eram produzidas, quem financiava os artistas da época etc. Auxilie os alunos a perceberem que as características da época em que a obra foi pintada não influenciaram somente aspectos culturais e sociais, mas também o conhecimento científico nesse período.



Stegerphoto/Getty Images

Por que estudar as células? Veja observação 1.

No quadro **O astrônomo**, o homem retratado olha atentamente o globo e, com um gesto delicado, toca a superfície do objeto. Sobre a mesa, repousa um livro. A cena é iluminada pela luz difusa que penetra pela janela. Tanto a temática quanto a ambientação interior, a iluminação e a palheta de cores são características do trabalho do holandês Jan (ou Johannes) Vermeer (1632-1675). Estudiosos da obra de Vermeer acreditam que o homem retratado seja Antonie van Leeuwenhoek, o “pai da microscopia”, primeira pessoa a utilizar sistemas com lente de aumento para estudar materiais biológicos.

Leeuwenhoek, um comerciante de tecidos e habilidoso artesão, fabricava lentes para corrigir defeitos de visão. Na segunda metade do século XVII, construía sistemas com lentes que permitiam observar objetos pequenos com aumentos de até 200 vezes. Com seu invento, Leeuwenhoek passou a observar vários tipos de materiais, e deve ter se espantado com os milhares de seres minúsculos (“micróbios”) que viu nadando em uma gota de água aparentemente limpa. O microscópio desvendava um mundo até então desconhecido: há vida que, de tão pequena, é invisível. Veja observação 2.

O trabalho de Vermeer e a curiosidade de Leeuwenhoek evidenciam algumas das principais características da espécie humana, que possui o sugestivo nome científico de *Homo sapiens*. Sabemos algumas coisas a respeito de nós mesmos, do mundo em que vivemos e do Universo pelo qual esse mundo viaja. Estudamos Biologia pelo mesmo motivo que estudamos Física, Literatura, Química, História, Matemática e as Artes: uma inarredável vontade de aprender, de conquistar conhecimentos sobre a vida e o mundo, se possível aplicando-os na melhoria da qualidade de vida.

Se a Biologia lida com fatos e objetos tão visíveis e significativos, por que importa o contato com as células e seus componentes? A resposta pode começar na tela de Vermeer. A cena retratada só é possível pelo trabalho organizado e integrado de bilhões de células, de dezenas de tipos diferentes, que compõem o nosso corpo. Células localizadas na retina (componente dos olhos) excitam-se pela luz e geram um impulso de natureza elétrica, que outras células enviam ao cérebro. Nele, mais células processam as informações recebidas, correlacionam com conhecimentos prévios e permitem entender o que estamos vendo. De células do cérebro partem estímulos que contraem células musculares; o braço se estende e a mão toca o globo. Células do sangue transportam o gás oxigênio que as células nervosas e as células musculares consomem. Enfim, o corpo funciona como um conjunto de células, arranjadas em tecidos, órgãos e sistemas.

A vida é expressão da atividade celular, em sistemas organizados e integrados. Um ser vivo não é apenas a soma das partes que o constituem, mas um sistema complexo, cujos componentes interagem permanentemente entre si e com o ambiente. O estudo das células é uma das maneiras de iniciar os estudos da Biologia. Nossa proposta é ver a célula como uma estrutura dinâmica, um labirinto membranoso ocupado por um fluido onde as reações acontecem de forma organizada, eficiente e econômica. A célula é a menor estrutura capaz de executar as atividades que caracterizam os seres vivos, razão pela qual o estudo da célula é fundamental para a compreensão da Biologia.

2 – O documentário **Viagem cósmica** (EUA, 1996), narrado por Morgan Freeman, pode auxiliar no entendimento das grandezas envolvidas no mundo microscópico.

O astrônomo (1668, Museu do Louvre, Paris), óleo sobre tela de Jan Vermeer. Acima, no detalhe, o microscópio de Leeuwenhoek, um sistema pouco sofisticado, que pouco lembra os modernos microscópios.

Célula, um denominador comum

Em geral, as imagens ao nosso redor são bastante familiares, mas, se a nossa visão contasse com o auxílio de um microscópio, essas mesmas imagens certamente seriam surpreendentes (**figura 1**).

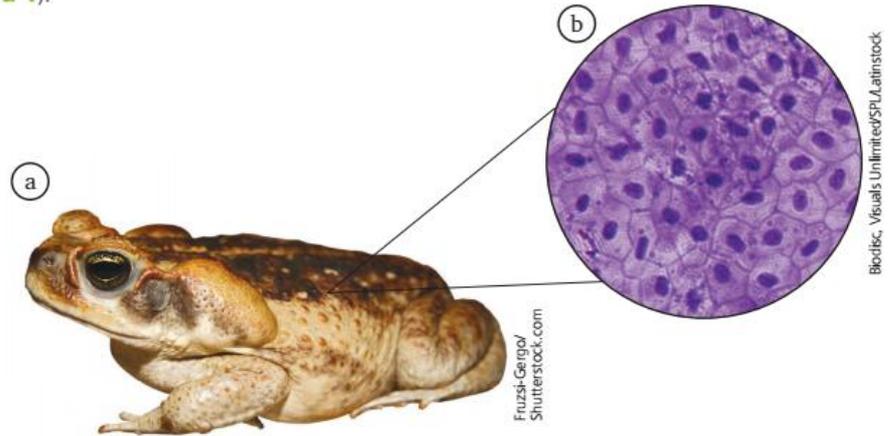


Figura 1. De qualquer ângulo que você olhar, (a) um sapo será sempre o mesmo. Mas, se você armar seus olhos com algo que aumente muito sua acuidade (um microscópio, por exemplo), (b) poderá ver um conjunto de pequenas unidades, as células. (Imagem de microscopia óptica, aumento aproximado de 160 vezes; colorida artificialmente.)

As células são as unidades fundamentais de todos os seres vivos. Existem **organismos unicelulares** (formados de uma só célula), como as amebas e as bactérias, muitos dos quais vivem dentro de **organismos pluricelulares**, como um gato, uma borboleta, um ser humano e uma goiabeira (**figura 2**).

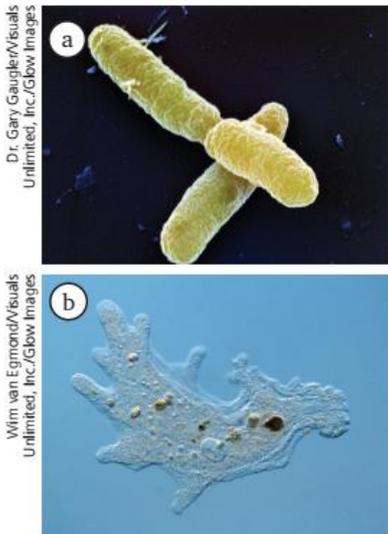
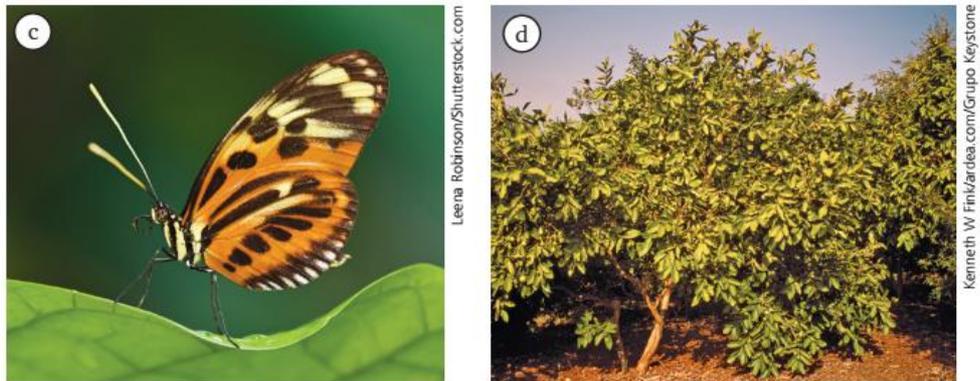


Figura 2. (a) As bactérias (imagem de microscopia eletrônica, aumento aproximado de 38 600 vezes; colorida artificialmente) e (b) as amebas (imagem de microscopia óptica, aumento aproximado de 230 vezes) são exemplos de organismos unicelulares. Já (c) a borboleta e (d) a goiabeira são exemplos de organismos pluricelulares.



De acordo com o biólogo norte-americano Philip Siekevitz, a célula é o “denominador comum” da imensa variedade de formas de vida. É a menor estrutura viva em que as reações metabólicas acontecem de forma organizada e eficiente, a unidade morfológica (de forma) e fisiológica (de função) dos seres vivos (**figura 3**).

Nos seres pluricelulares, as células não se agrupam de forma caótica: quanto mais complexo for o organismo, mais nítido será o padrão de organização de suas células. As células com formas e funções correlacionadas constituem os tecidos. No corpo humano, por exemplo, células alongadas e capazes de se encurtar quando estimuladas compõem os tecidos musculares; células achatadas, que recobrem certas partes do corpo, constituem os tecidos epiteliais.

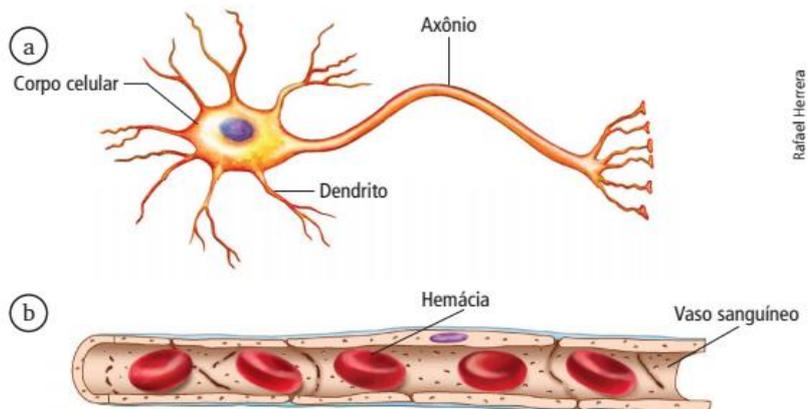


Figura 3. As células apresentam formas e funções específicas; a forma de uma célula relaciona-se com sua função: (a) um neurônio (ou célula nervosa) é longo e ramificado, o que aumenta a eficiência da transmissão de informações; (b) glóbulos vermelhos (ou hemácias) do sangue dos mamíferos têm o formato de pequenos discos, o que facilita seu deslocamento pelo interior dos vasos sanguíneos e associa pequeno volume a uma vasta área de membrana, por onde o gás oxigênio (O_2) entra na célula e sai dela. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Bem simples, mas é uma célula!

A célula bacteriana (**figura 4**) é delimitada pela **membrana plasmática** (membrana celular ou plasmalema), que contém proteínas e lipídios em sua composição — ou seja, é **lipoproteica**. A membrana plasmática controla as trocas de substâncias entre a célula e o meio extracelular, mantendo a composição química do interior da bactéria praticamente constante.

Externamente à membrana plasmática, a bactéria possui uma **parede celular** rígida e permeável. Certas bactérias apresentam um revestimento externo à parede celular: a **membrana externa**, totalmente permeável. Pode haver outra camada ainda mais externa: a **cápsula bacteriana**, associada à patogenicidade de algumas espécies, ou seja, à capacidade de provocar doenças. Os pneumococos, por exemplo, causam doenças humanas (como pneumonia e otite) apenas na forma capsulada.

Determinados antibióticos (como as penicilinas e as cefalosporinas) bloqueiam a síntese de componentes da parede de células bacterianas, sem interferir nas células humanas, podendo ser usados no tratamento de doenças causadas por bactérias.

O espaço interno da bactéria é ocupado pelo **citoplasma**, fluido gelatinoso onde estão várias enzimas e ocorre a maioria das reações químicas da célula.

Mergulhados no citoplasma, encontram-se milhares de **ribossomos**, pequenos corpúsculos onde as proteínas — entre as quais estão as enzimas — são sintetizadas.

A manutenção da estrutura e o controle das atividades celulares são executados pelo **cromossomo** da bactéria, constituído por uma molécula circular de **ácido desoxirribonucleico (DNA)**.

Uma característica da célula bacteriana é ter o seu material genético solto no citoplasma. O local ocupado pelo material genético é o **nucleoide**.

As células que não possuem envoltório nuclear nem sistemas internos de membranas — como as de bactérias e de cianobactérias — são chamadas **células procarióticas**. As células que possuem um **envoltório nuclear** membranoso (ou carioteca), que delimita um verdadeiro núcleo (onde estão os cromossomos), além de um complexo sistema interno de membranas, são denominadas **células eucarióticas**. Nelas, os cromossomos, que contêm DNA e proteínas, são lineares.

Procariontes são organismos cujas células são procarióticas, ou seja, não têm núcleo diferenciado. **Eucariontes** apresentam células eucarióticas, que têm núcleo verdadeiro.

Alguns procariontes locomovem-se por meio da rotação de um **flagelo**, prolongamento filiforme da membrana plasmática. Proteínas localizadas nessa membrana e na parede celular utilizam energia e provocam a rotação do flagelo, o que possibilita o deslocamento da célula.

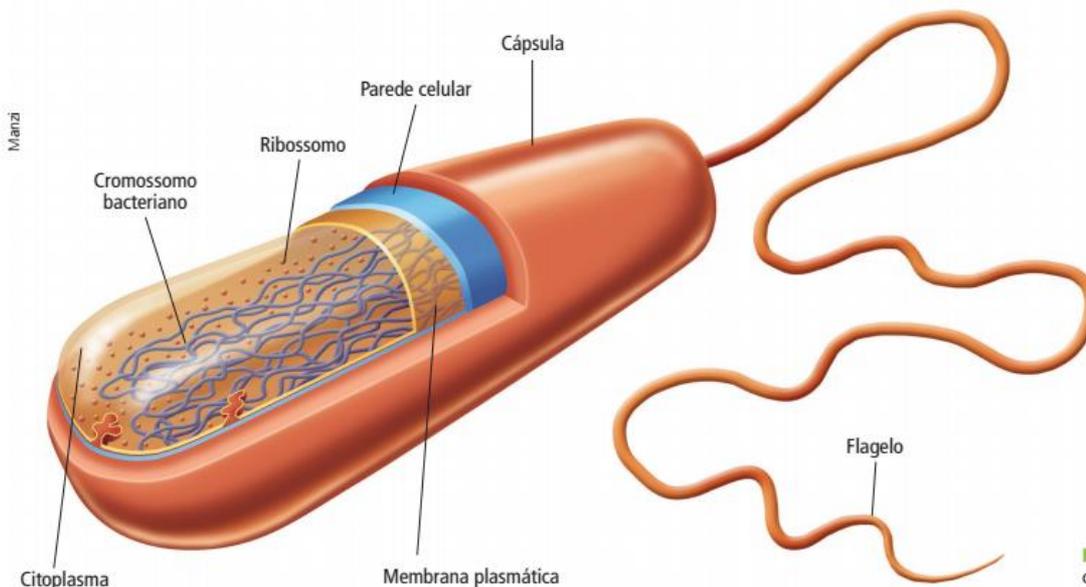


Figura 4. Célula bacteriana com seus principais componentes. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A escolha de um modelo

Antes de apresentarmos a organização de uma célula eucariótica, é preciso observar que não existe uma célula típica. No entanto, todas elas apresentam as mesmas características básicas, tanto estruturais como funcionais.

As células eucarióticas possuem, por exemplo, membrana plasmática, citoplasma, núcleo e outros organelos em pelo menos uma fase de seu ciclo de vida (figura 5).

Organelos (ou organelas) celulares são estruturas com certa autonomia, dotadas de organização e sistemas enzimáticos próprios e que executam funções específicas. Alguns organelos são revestidos por membranas.

Além de organelos, existem **inclusões citoplasmáticas**, estruturas desprovidas de membranas e sistemas enzimáticos próprios, como os grânulos de glicogênio (carboidrato), as gotículas de gorduras e outros depósitos de substâncias.

Em geral, alguns alunos encontram dificuldade em entender a célula como uma estrutura tridimensional. Proponha que montem modelos (em escala) de células, com seus organelos. Potes plásticos, linhas coloridas, materiais reutilizáveis e gelatina incolor são alguns materiais que podem ser utilizados.



Os **lisossomos** contêm enzimas digestivas ou hidrolíticas (hidrolases) capazes de quebrar as substâncias englobadas pelas células em moléculas menores (digestão intracelular). As enzimas também digerem componentes danificados ou inativos da própria célula, como fragmentos de membranas e organelos.



Os **peroxissomos** são pequenas vesículas cujas enzimas inativam substâncias tóxicas (como o álcool das bebidas), muitos medicamentos e radicais livres e também participam do metabolismo dos ácidos graxos.



Os **centríolos** participam da divisão celular e, em alguns tipos celulares, da formação de cílios e de flagelos.

Há controvérsia sobre quais componentes celulares devem ser considerados organelos. Alguns autores defendem que apenas os componentes membranosos (como mitocôndrias e complexo golgiense) devem receber essa designação. Optamos por uma proposta mais abrangente, que também engloba estruturas não membranosas, como centríolos e ribossomos.

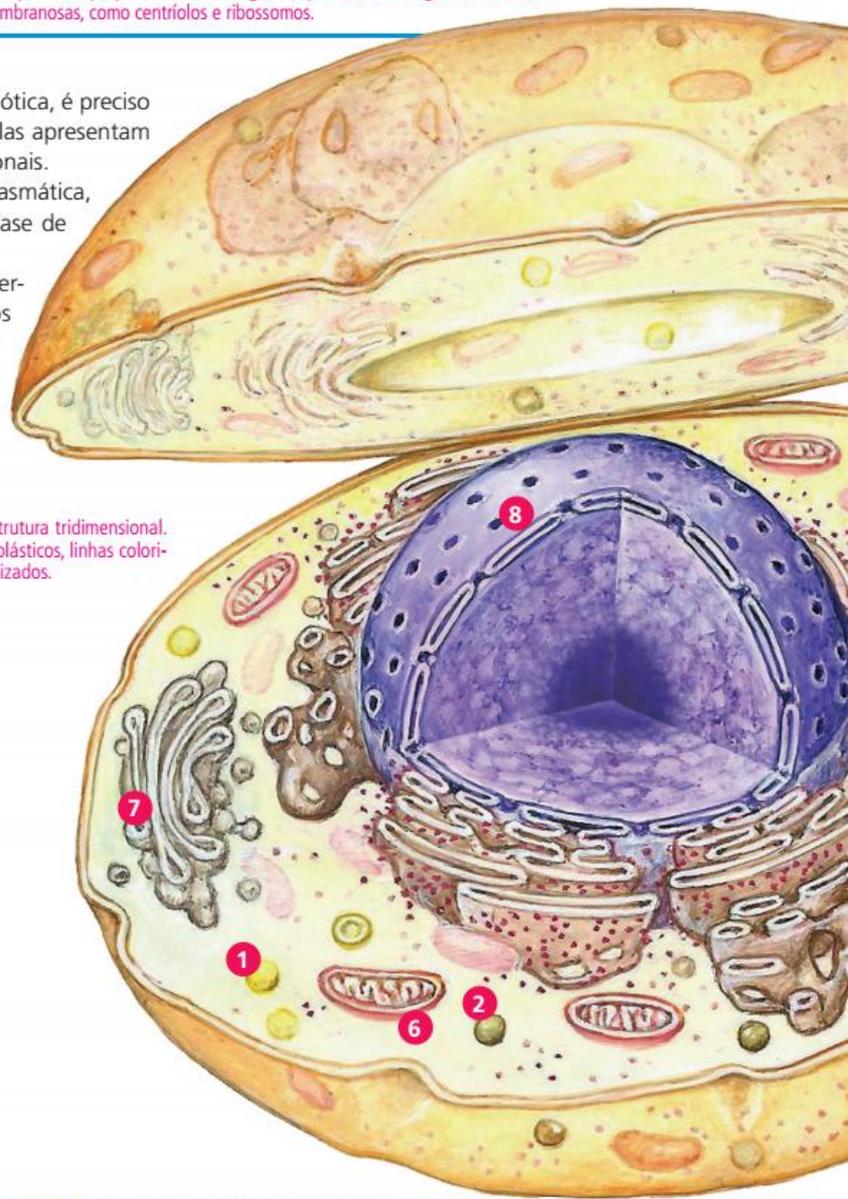


Figura 5. Representação esquemática de uma célula animal. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ Outro reino, o mesmo projeto básico

Embora parecidas quanto à estrutura e ao funcionamento, células vegetais e animais guardam importantes diferenças que podem ser observadas na figura 6.

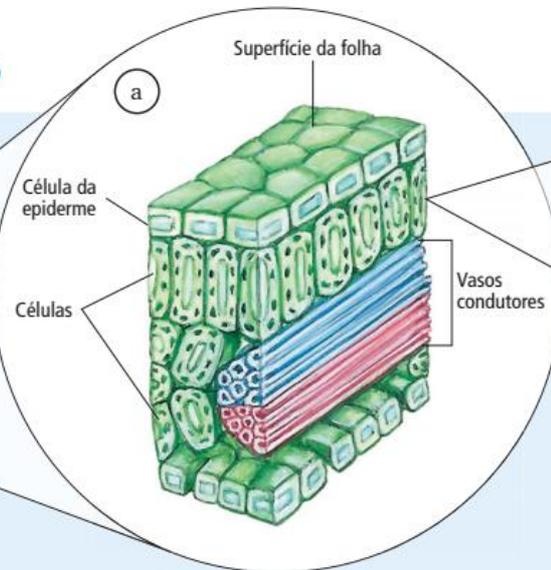


Figura 6. Representação esquemática de (a) corte de folha e (b) das partes constituintes de uma célula vegetal. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)



As regiões do retículo endoplasmático que têm ribossomos aderidos formam o **retículo endoplasmático granuloso** (ou retículo endoplasmático rugoso, retículo endoplasmático granular ou, ainda, ergastoplasma), relacionado com a síntese de proteínas. O **retículo endoplasmático não granuloso** não tem ribossomos aderidos e participa da síntese de lipídios e da inativação de substâncias tóxicas.



Nas **mitocôndrias** ocorrem as etapas finais da respiração celular aeróbia, por meio da qual as células obtêm energia para desenvolver suas atividades.



Os **ribossomos**, que participam da síntese de proteínas, são encontrados livres no citosol, aderidos ao envoltório nuclear ou ligados à face citoplasmática das membranas do retículo endoplasmático granuloso. São produzidos nos nucléolos.



As atividades do **complexo golgiense** (ou complexo de Golgi) incluem modificação e concentração de substâncias produzidas no retículo endoplasmático e seu empacotamento em vesículas que dele brotam e eventualmente se abrem na superfície da célula na secreção celular.

A **membrana plasmática** é lipoproteica e seletivamente permeável, capaz de controlar as trocas de substâncias entre a célula e o meio extracelular.



Dentro do **núcleo**, está a cromatina, formada basicamente por DNA e proteínas. Ainda no núcleo, estão os **nucléolos**, corpos densos e esféricos, sem membrana envolvente, ricos em RNA e proteínas. O envoltório nuclear é formado por duas membranas justapostas e tem poros, que comunicam o interior do núcleo com o citoplasma.

*Núcleo: do latim **nucleus**, caroço.*

Citosol (ou hialoplasma) é um fluido gelatinoso que nas células eucarióticas forma, juntamente com os organelos, o **citoplasma**.

*Citoplasma: do latim **kitas**, recipiente, e do grego **plassein**, moldar.*

O **citoesqueleto**, constituído por microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários, é responsável pela ancoragem de organelos e pela manutenção do formato e da arquitetura da célula. Alguns dos seus componentes participam de etapas da divisão celular e da execução de movimentos celulares.

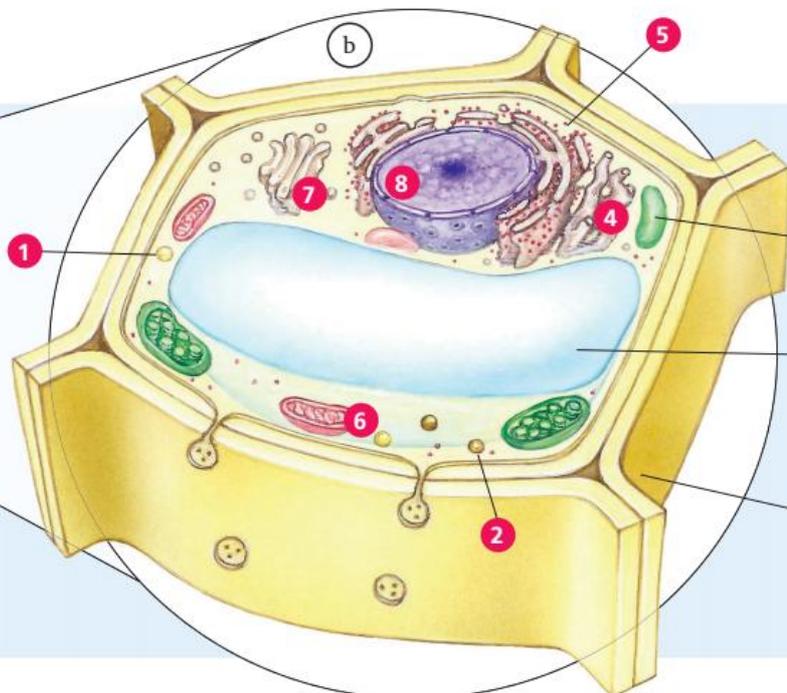
As células vegetais apresentam alguns componentes característicos:



Nos **cloroplastos** há um pigmento verde, a clorofila, que capta energia luminosa utilizada na fotossíntese.

O **vacúolo central** é uma bolsa revestida por uma membrana chamada tonoplasto, semelhante à membrana plasmática. O vacúolo pode ocupar até 95% do volume da célula e, além de participar do controle das trocas de água entre as células e o meio extracelular, atua como depósito de substâncias.

Externamente à membrana plasmática, a célula vegetal é revestida pela **parede celular** (membrana esquelética ou celulósica), espessa e resistente, constituída basicamente por celulose, que auxilia na manutenção da forma e na proteção das células.



▶ Células animais e células vegetais: uma comparação

As células vegetais e as células animais apresentam muitos organoides em comum: mitocôndrias, retículo endoplasmático, complexo golgiense e ribossomos. No entanto, há importantes diferenças (**tabela 1**): nas plantas com flores (maioria das plantas) as células não têm centríolos. Os lisossomos são pouco

frequentes em células vegetais, sendo encontrados, por exemplo, em sementes, nas quais são responsáveis pela digestão das substâncias de reserva, consumidas na germinação. Nas células animais não se encontram a parede celular, os cloroplastos e os grandes vacúolos.

Tabela 1. Estruturas celulares: funções e distribuição em três tipos de células

Estrutura	Funções	Bactérias	Animais	Plantas
Parede celular	Manutenção da forma e proteção da célula	Presente	Ausente	Presente
Membrana plasmática	Manutenção das condições do meio intracelular; controle das trocas entre a célula e o meio extracelular	Presente	Presente	Presente
Envoltório nuclear	Controle do fluxo de substâncias entre o núcleo e o citoplasma	Ausente	Presente	Presente
Cromossomo	Controle da estrutura e do funcionamento celular	Único, circular (DNA)	Múltiplos, lineares (DNA e proteínas)	Múltiplos, lineares (DNA e proteínas)
Núcleo	Formação dos ribossomos	Ausente	Presente	Presente
Centríolo	Formação dos cílios e flagelos; participação na divisão celular	Ausente	Presente	Ausente (na maioria)
Ribossomo	Produção de proteínas	Presente	Presente	Presente
Retículo endoplasmático granuloso	Produção de proteínas	Ausente	Presente	Presente
Retículo endoplasmático não granuloso	Produção de lipídios; armazenamento; inativação de substâncias tóxicas	Ausente	Presente	Presente
Complexo golgiense	Secreção celular	Ausente	Presente	Presente
Lisossomo	Digestão intracelular	Ausente	Presente	Presente (raramente)
Peroxisomo	Degradação de substâncias tóxicas	Ausente	Presente	Presente (raramente)
Vacúolo central	Equilíbrio osmótico e armazenamento	Ausente	Ausente	Presente
Mitocôndria	Respiração celular aeróbia	Ausente	Presente	Presente
Cloroplasto	Fotossíntese	Ausente	Ausente	Presente
Citoesqueleto	Manutenção da forma celular; contração; ancoragem de organelos	Ausente	Presente	Presente

A notícia

Veneno de vespa brasileira mata células de câncer sem atingir células saudáveis

Vespas têm péssima reputação. Até as abelhas, cuja picada é igualmente dolorida, são mais queridas – afinal, fazem mel e até que são fofinhas.

Mas uma nova descoberta científica revelou que temos sido injustos com as vespas.

Pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp) descobriram que o veneno de vespa tem o poder de atacar células cancerosas sem atingir células saudáveis. A pesquisa foi realizada em parceria

com a University of Leeds [na Inglaterra]. A toxina responsável chama-se Polybia-MP1, e é produzida pela vespa *Polybia paulista* – a famosa “paulistinha”. [...].

Assim, a toxina abre furos nas células, tornando-as mais permeáveis. De acordo com João Ruggiero Neto, da Unesp, coautor da pesquisa, esses buracos levam “apenas segundos” para se formarem, e permitem que moléculas como RNA e outras proteínas escapem da célula, inutilizando-a.

Testes já demonstraram que a toxina pode inibir o crescimento de células de câncer de próstata, de bexiga e de leucemia, que se mostraram resistentes a uma série de outros tratamentos. [...]

AGUIAR, I. Veneno de vespa brasileira mata células de câncer sem atingir células saudáveis. **Superinteressante**, São Paulo: Abril Comunicações S. A. 10 set. 2015. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ciencia/veneno-de-vespa-brasileira-mata-celulas-de-cancer-sem-atingir-celulas-saudaveis>>. Acesso em: dez. 2015.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler o texto da reportagem, faça as atividades propostas:

1. De acordo com o autor, por que essa notícia pode mudar a “reputação” das vespas do imaginário popular?
2. Levando em conta os conhecimentos a respeito do papel dos principais componentes celulares, qual deles deve ser afetado pela toxina produzida pela vespa “paulistinha”? Como você chegou a esta conclusão?

Atividade prática

Observação de células vegetais

Objetivos

- Observar células vegetais e identificar os componentes celulares visíveis.
- Reconhecer que as células vegetais vivas caracterizam-se pela presença de parede celular e de um grande vacúolo.
- Representar as células vegetais em esquema.

Materiais

- microscópio óptico comum
- lâmina e lamínula
- água
- conta-gotas
- corante azul de metileno (ou lugol)
- papel absorvente
- pinça
- faca sem ponta
- estilete (ou lâmina de barbear)
- cebola, tomate maduro



Caso julgue adequado, organize os alunos em grupos. Cada grupo deverá realizar os procedimentos de 1 a 3.

Procedimentos

1. Descasque uma cebola e corte-a no sentido longitudinal, separando uma das camadas. Com o auxílio de uma pinça, retire uma fina cobertura da face interna (epiderme) de uma de suas folhas. Coloque um pequeno fragmento de epiderme sobre a lâmina com uma gota de água e cubra-a com uma lamínula. Cuide para que a epiderme fique bem esticada e sem rugosidades, e que não se formem bolhas de ar. Observe a preparação ao microscópio óptico comum com objetiva de aumento médio e registre suas observações no caderno. Retire outro fragmento de epiderme e substitua a água da preparação anterior por azul de meti-

leno, cubra com uma lamínula e seque o excesso de líquido com papel absorvente. Aguarde aproximadamente cinco minutos. Observe a lâmina ao microscópio óptico comum com objetiva de aumento médio e anote o valor do aumento. Registre suas observações no caderno.

2. Com o auxílio de um estilete (ou lâmina de barbear), recorte um fragmento (de cerca de 1,5 cm de lado) na superfície de um tomate maduro e retire a epiderme (1ª camada externa) com uma pinça de ponta fina. Coloque o pedaço retirado sobre uma gota de água na lâmina de vidro e cubra-o com uma lamínula. Seque o excesso de líquido com papel absorvente e observe a lâmina ao microscópio óptico comum. Anote o aumento utilizado ao microscópio.
3. Após as visualizações ao microscópio óptico, providencie a correta destinação dos materiais utilizados. Mantenha organizado e limpo o espaço em que trabalhou e cuide para que os equipamentos ópticos sejam corretamente desligados.

Resultados e discussão

Escreva no caderno

- a) Para cada um dos procedimentos, faça, no caderno, um desenho de sua observação e identifique os componentes celulares visíveis.
- b) Multiplique os números indicados na ocular e na objetiva para calcular quantas vezes está ampliada cada uma das imagens observadas.
- c) As células têm contorno bem definido?
- d) O que se observa nas células de cebola não coradas? E nas coradas?
- e) O que se nota na região que fica entre a parede celular e o núcleo?

Atividades

Escreva no caderno

1. A célula viva é a unidade fundamental de que se compõem todos os organismos vivos. O leitor que considere esta afirmação um lugar-comum ficará surpreso quando souber que o reconhecimento da célula data de pouco mais de 100 anos. O botânico Matthias Jakob Schleiden e o zoólogo Theodor Schwann foram os primeiros a propor a teoria celular, em 1839 [...]. Não muito tempo depois, Rudolf Virchow confirmava o papel único da célula como recipiente da 'matéria viva', quando demonstrou que todas as células derivam necessariamente de células preexistentes.

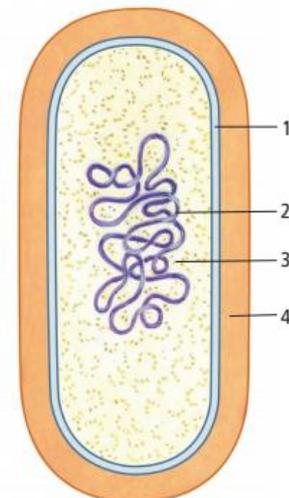
BRACHET, J. *A célula viva*. São Paulo: Polígono, 1969.

O alemão Schleiden afirmou, em 1838, que todas as plantas eram constituídas de células. No ano seguinte, seu compatriota Schwann, fisiologista, concluiu que todos os animais também eram formados por elas. Dessas observações nasceu a teoria celular, postulando que "todos os seres vivos são constituídos por células". A teoria celular constitui um princípio integrador da Biologia, pois rompe a barreira que separa os diferentes reinos de seres vivos.

A respeito desse tema, responda:

A diversidade dos seres vivos é muito grande; porém, eles são bastante parecidos em muitos aspectos. Discuta essa afirmativa à luz da teoria celular.

2. (UFU-MG) O desenho representa uma bactéria. De acordo com ele e com base em seus conhecimentos, resolva as questões.



Cecília Washita

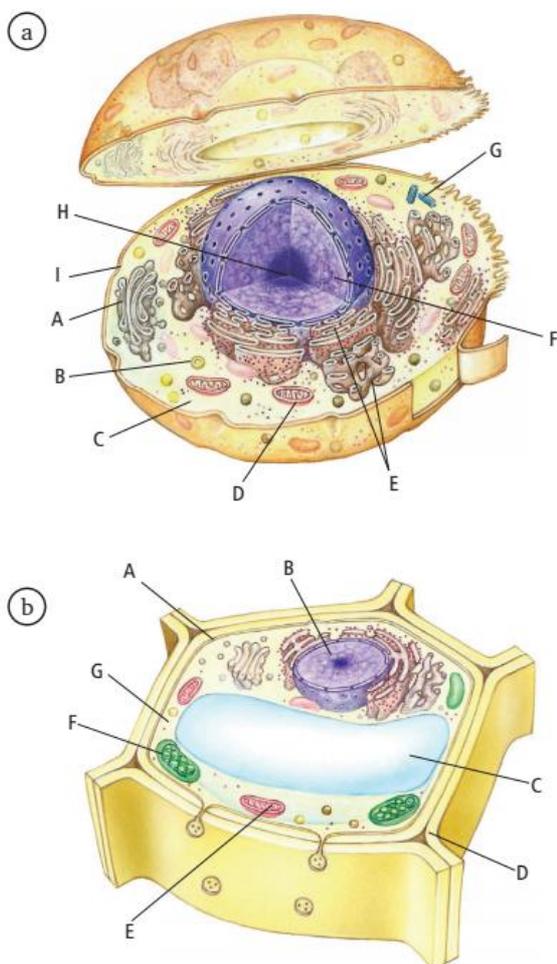
- a) A célula é eucariótica ou procariótica? Justifique.
- b) Qual o nome das estruturas numeradas?

3. A tabela a seguir assinala a presença (+) ou a ausência (-) de certos componentes de três tipos celulares distintos (A, B, C).

Componentes	Tipos celulares		
	A	B	C
Envoltório nuclear	+	-	+
Ribossomos	+	+	+
Mitocôndria	+	-	+
Cloroplasto	-	+	+
Retículo endoplasmático	+	-	+

A que tipo de organismo pertencem, respectivamente, os tipos celulares A, B e C? Explique como você chegou a essa conclusão.

4. Analise as figuras:



Ilustrações: Cecília Ivashita

- a) Identifique a célula representada no item a. A seguir, aponte e nomeie as estruturas responsáveis, respectivamente, pela respiração celular aeróbica, pela secreção celular e pelo transporte e distribuição de substâncias no interior da célula.
- b) Identifique a célula representada no item b. A seguir, nomeie as estruturas assinaladas e cite as principais funções de cada uma delas.

5. (UFRRJ) Leia o texto.

A vida é muitíssimo variada. Primeiro, há os animais e os vegetais, que a gente diferencia bem. Isto porque os bichos se movem e as plantas vivem sempre paradas. Também conta o “jeitão”. Quem confunde uma mangueira com uma vaca? Ou um coqueiro com uma galinha? [...] Além dessas diferenças há muitas outras.

Darcy Ribeiro. *Noções das coisas*.

No trecho, o autor chama a atenção para as diferenças entre animais e vegetais. Liste três diferenças significativas que podem distinguir vegetais e animais.

6. Nas células eucarióticas, o citoplasma compreende um fluido gelatinoso chamado citosol (ou hialoplasma), onde estão mergulhados os organelos celulares. Na coluna da esquerda encontram-se alguns desses organelos e, na coluna da direita, as principais funções que podem ser atribuídas a eles.

Organelos celulares	Funções
1. Centríolo	A. Secreção celular
2. Lisossomo	B. Digestão intracelular
3. Mitocôndria	C. Síntese de proteínas
4. Ribossomo	D. Seletividade das células
5. Complexo golgiense	E. Respiração celular aeróbica
6. Membrana plasmática	F. Divisão celular

Faça a associação correta entre os componentes das duas colunas.

7. (Unicamp-SP) Imagine-se observando ao microscópio óptico comum dois cortes histológicos: um de fígado de rato e outro de folha de tomateiro. Cite duas estruturas celulares que permitiriam identificar o corte de folha de tomateiro.
8. Os eucariotos teriam surgido de eventos de endossimbiose entre uma célula hospedeira e células procarióticas, que deram origem às mitocôndrias e aos cloroplastos. A teoria endossimbionte, proposta por Lynn Margulis em 1981, defende a ideia de que os eucariotos surgiram de combinações de células, e não a partir de mutações genéticas. Segundo essa teoria, as mitocôndrias e os cloroplastos são organelas derivadas da interação entre um organismo procarioto aeróbico e um organismo eucarioto unicelular anaeróbico. As mitocôndrias — presentes em toda célula eucarionte — são, provavelmente, derivadas de um tipo de bactéria fotossintetizante que perdeu sua capacidade de realizar fotossíntese e ficou apenas com sua cadeia respiratória. Na mitocôndria, ocorre o passo final da respiração celular [...], que tem como resultado a formação de ATP. Os cloroplastos são organelas intracelulares, presentes em algas e plantas, responsáveis pelo processo fotossintético. Os cloroplastos foram incorporados à célula eucarionte através da endocitose de uma cianobactéria. [...]

COLLUCCI, E. *Biologia: A origem das organelas e a teoria endossimbionte*.

Folha de S.Paulo, 7 nov. 2002. Fornecido pela Folhapress. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/fovest/fo0711200219.htm>>. Acesso em: abr. 2016.

Depois de ler o texto, responda:

- a) Em resumo, de acordo com o texto, o que afirma a teoria endossimbionte, proposta por Lynn Margulis?
- b) Que importante processo do metabolismo celular ocorre nas mitocôndrias?
- c) Quais organismos atuais possuem cloroplastos nas células?
- d) Qual é a função dessas organelas?

A era da nanotecnologia

Na década de 1970, Norio Taniguchi, professor da Universidade de Tóquio (Japão), usou pela primeira vez o termo “nanotecnologia” para designar as técnicas que envolvem produtos e processos em escala nanométrica. As implicações e os potenciais dessa tecnologia são imensos, uma vez que, nesta escala, os materiais apresentam propriedades físicas e químicas surpreendentes. Longe de ser uma área do conhecimento autônoma e independente, a nanotecnologia consiste em um vasto conjunto de técnicas que envolvem diversas áreas.

Apropriando-se da nanotecnologia, a Medicina desenvolve um novo campo de atuação, a nanomedicina, já considerado um enorme avanço, por sua capacidade de atuar no nível celular, identificando alterações e efetuando tratamentos com alta precisão.

Não parece estar distante a possibilidade de que, introduzidos diretamente na corrente sanguínea, nanorrobôs possam localizar células cancerosas, agindo exclusivamente sobre elas e poupando células saudáveis. Nanorrobôs também poderiam atuar como transportadores de medicamentos convencionais (por exemplo, de antibióticos), levados direta e especificamente aos locais de uma infecção, potencializando os benefícios e reduzindo os efeitos colaterais dessas drogas.

A nanotecnologia já está presente no controle da hipertensão arterial (popularmente, “pressão alta”). Muitas vezes, o ajuste da medicação para cada paciente é demorado, podendo levar semanas ou meses, durante os quais medidas de pressão arterial devem ser feitas diariamente ou, em muitos casos, várias vezes ao dia.

Os equipamentos automatizados de medição periódica da pressão arterial possuem uma braçadeira inflável conectada a um compressor e a um manômetro. Periodicamente (três ou quatro vezes ao dia, ou até mais vezes), a braçadeira infla automaticamente, enquanto o manômetro registra o valor da pressão

arterial. O uso desses equipamentos por diversas horas é desconfortável, principalmente à noite.

Já se encontra disponível um equipamento eletrônico desenvolvido com os recursos da nanotecnologia. Trata-se de um sensor intra-arterial com menos de um milímetro de diâmetro, introduzido e fixado na parede interna da artéria femoral. Uma vez instalado, o sensor pode avaliar a pressão arterial com frequência de até 30 medições por segundo. Por meio de um finíssimo cabo elétrico, o sensor intra-arterial é conectado a um aparelho de transmissão implantado sob a pele da virilha. Esse transmissor pode ser conectado a um computador e, via internet, as informações sobre a pressão arterial do paciente são enviadas em tempo real ao consultório médico.

Estas são apenas algumas das possibilidades do uso da nanotecnologia. E estamos mal começando. Todavia, é preciso atenção para com as incertezas ligadas à nanotecnologia. Pouco ainda se sabe, por exemplo, a respeito de eventuais efeitos tóxicos das nanopartículas, tanto no interior do corpo humano como no ambiente. Mais uma vez, é importante destacar que somente o conhecimento disseminado a respeito dessa nova tecnologia permitirá que toda a sociedade decida, com segurança, os limites de sua utilização, minimizando os riscos de danos à saúde e ao ambiente.



Sensor intra-arterial de pressão sobre a ponta do dedo de uma pessoa.

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

Escreva no caderno

Devemos sempre verificar a qualidade das fontes de informação utilizadas pelos alunos, para que não tomem como verdadeiras informações de artigos especulativos ou sensacionalistas.

1. A nanotecnologia representa uma área para a qual convergem as atenções e o trabalho de pesquisadores de diversas áreas. Por se tratar de um novo campo de investigação, ainda é nebuloso o cenário de suas potencialidades e implicações, tanto econômicas como sociais e éticas. Considerando os elevados custos dessa inovação tecnológica, o acesso estaria disponível aos que tivessem melhores condições financeiras; assim, poderíamos ver surgir um grupo de pessoas que, além de mais ricas, poderiam se beneficiar da tecnologia, tornando-se ainda mais privilegiadas.

a) Pesquise a respeito de possíveis aplicações da nanotecnologia no tratamento de doenças humanas e traga seus achados para discussão em classe.

b) Considerando que muitas pesquisas são desenvolvidas em universidades e centros de pesquisa mantidos com verbas públicas, que considerações éticas podem ser levantadas?

2. (Enem/MEC)

Na manipulação em escala nanométrica, os átomos revelam características peculiares, podendo apresentar tolerância à temperatura, reatividade química, condutividade elétrica,

ou mesmo exibir força de intensidade extraordinária. Essas características explicam o interesse industrial pelos nanomateriais que estão sendo muito pesquisados em diversas áreas, desde o desenvolvimento de cosméticos, tintas e tecidos, até o de terapias contra o câncer.

LACAVA, Z. G. M.; MORAIS, P. C. *Nanobiotecnologia e Saúde*. Disponível em: <<http://www.comciencia.br>> (adaptado).

A utilização de nanopartículas na indústria e na medicina requer estudos mais detalhados, pois:

a) as partículas, quanto menores, mais potentes e radiativas se tornam.

b) as partículas podem ser manipuladas, mas não caracterizadas com a atual tecnologia.

c) as propriedades biológicas das partículas somente podem ser testadas em microrganismos.

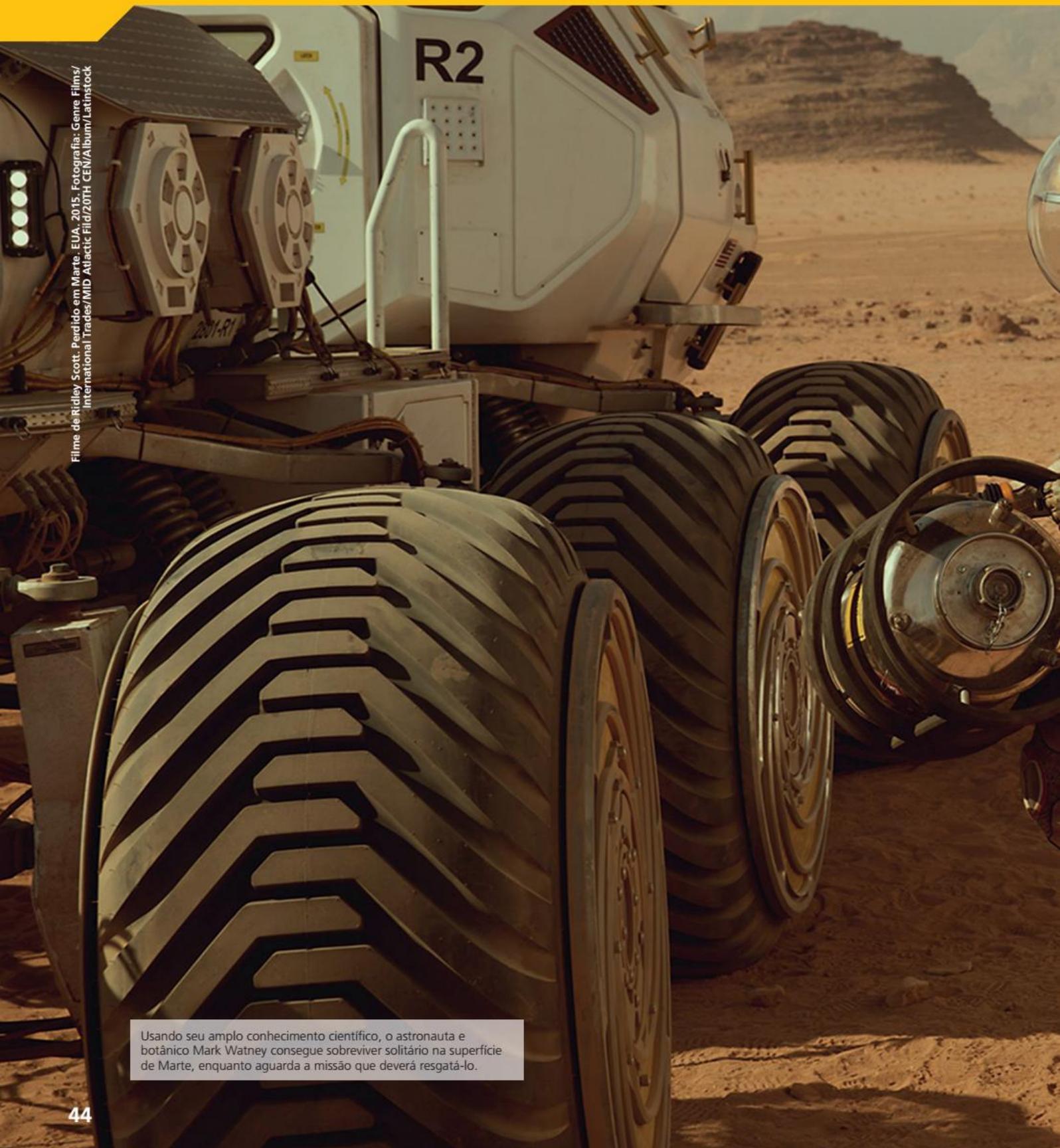
d) as partículas podem atravessar poros e canais celulares, o que poderia causar impactos desconhecidos aos seres vivos e, até mesmo, aos ecossistemas.

e) o organismo humano apresenta imunidade contra partículas tão pequenas, já que apresentam a mesma dimensão das bactérias (um bilionésimo de metro).

De que somos feitos?

Substâncias que constroem a vida

Filme de Ridley Scott. Perdido em Marte. EUA, 2015. Fotografia: Genre Films/
International Trades/MID Atlantic Film/201H - CEN/Album/LatinStock



Usando seu amplo conhecimento científico, o astronauta e botânico Mark Watney consegue sobreviver solitário na superfície de Marte, enquanto aguarda a missão que deverá resgatá-lo.



Dois átomos de hidrogênio, um de oxigênio... e muito entusiasmo! Veja observação 1.

Deixado para trás depois de ser dado como morto, Mark Watney, personagem interpretado pelo ator norte-americano Matt Damon no filme **Perdido em Marte** (EUA, 2015), é abandonado na superfície de Marte por seus colegas da missão espacial Ares 3, obrigados a escapar rapidamente do Planeta Vermelho em meio a uma intensa tempestade. Na luta pela sobrevivência, uma das conquistas mais importantes de Watney — talvez a mais importante — foi desencadear reações químicas que permitiram produzir água na árida superfície do planeta. Com a água, Watney não apenas manteve a própria vida como pode cultivar uma horta de batatas que lhe forneceu alimentos durante o tempo em que esperou pelo resgate.

No mesmo ano em que o filme foi lançado, a Nasa, agência espacial norte-americana, divulgou com certo alarde que os dados obtidos pela sonda espacial Mars Reconnaissance Orbiter (MRO) oferecem fortes evidências de que água líquida escorre intermitentemente pela superfície de Marte, nos meses mais quentes do verão marciano.

Imagens fotográficas de alta resolução de encostas rochosas mostraram sulcos compatíveis com a erosão provocada por fluxos de água. Além disso, usando um equipamento denominado espectrômetro, pesquisadores detectaram a presença de sais hidratados, cuja existência só poderia ser explicada pela ocorrência de reações químicas entre determinados minerais e a água líquida.

Qual era a razão da indissimulável empolgação dos cientistas, quando anunciaram essas descobertas?

Disse John Grunsfeld¹, astronauta e administrador de projetos científicos da Nasa: “Nossa principal missão em Marte sempre foi encontrar água, na busca por vida. [...] Agora, temos informações convincentes que validam nossas suspeitas. Embora muito salgada, a água está fluindo sobre a superfície de Marte.”

Pelo que sabemos hoje, a vida na Terra começou na água e, ainda hoje, a ela se associa. Só há vida onde há água; seja na água de geleiras fundentes, seja em águas termais a 90 °C, seja em gotas de chuva coletadas nas folhas de uma orquídea, seres vivos estão presentes. Regiões com elevados índices pluviométricos têm uma exuberante diversidade de vida, e até regiões desérticas ocultam uma grande variedade de organismos devido à ocorrência de chuvas que, apesar de raras, possibilitam o cumprimento do ciclo vital desses organismos. A faixa térmica na qual a água se mantém líquida — que corresponde à temperatura da maioria dos ecossistemas terrestres — é um dos fatores que permite a existência da vida na Terra. Estando líquida, a água pode atuar como solvente de reações orgânicas e permitir o transporte de substâncias no interior das células e dos organismos.

Uma das áreas do conhecimento científico que mais tem crescido é a Exobiologia (ou Astrobiologia), que procura entender a origem, a evolução e a distribuição da vida, não só na Terra, mas no Universo. Sua abordagem é interdisciplinar, pois lida com conhecimentos e metodologias da Biologia, da Astronomia, da Física, da Química e de outras ciências.

Uma das pesquisas exobiológicas de maior interesse é a busca por vida fora do nosso planeta. Evidências da presença de água líquida em Marte ou em qualquer corpo celeste representam a possibilidade concreta de que seres vivos estejam presentes, expandindo para além da Terra as mais primordiais questões sobre a vida.

Uma abordagem interessante pode discutir como diversas ciências trabalham juntas, na solução de determinados problemas. A exobiologia é um exemplo de uma nova área do conhecimento que só existe como resultado de um fazer coletivo.

¹ Portal do MRO (disponível em: <<http://mars.nasa.gov/mro/news/whatsnew/index.cfm?FuseAction=ShowNews&NewsID=1858>>; acesso em: dez. 2015).

Composição química das células



Calvin & Hobbes, Bill Watterson © 1995 Watterson/Dist. by Universal Uclick

Previamente, peça aos alunos que tragam rótulos de produtos alimentícios industrializados diversos. Proponha que sejam analisados e comparados; discuta as conclusões dos alunos. Trata-se de uma eficiente estratégia para contextualizar o tema deste capítulo. Além disso, é possível discutir a importância de se conhecer os componentes dos alimentos ingeridos e explorar com os alunos aspectos relacionados à alimentação saudável.

A constatação de que os seres vivos são formados por um pequeno número de elementos corrobora a visão evolucionista na qual todos os seres vivos surgiram de ancestrais comuns, há cerca de 4 bilhões de anos. Essas poucas substâncias teriam se mostrado adequadas na construção e na manutenção da vida, nesse tempo.

Certamente, você já observou o rótulo de um produto alimentício, como uma lata de achocolatado ou um pote de iogurte. O que significam todas aquelas informações? Alguns termos aparecem em quase todos esses produtos: carboidratos, lipídios, proteínas e muitos outros. O que eles indicam? É desse assunto que trataremos neste capítulo, começando com uma breve discussão a respeito dos elementos químicos mais abundantes na Terra e nos seres vivos em geral, inclusive no ser humano.

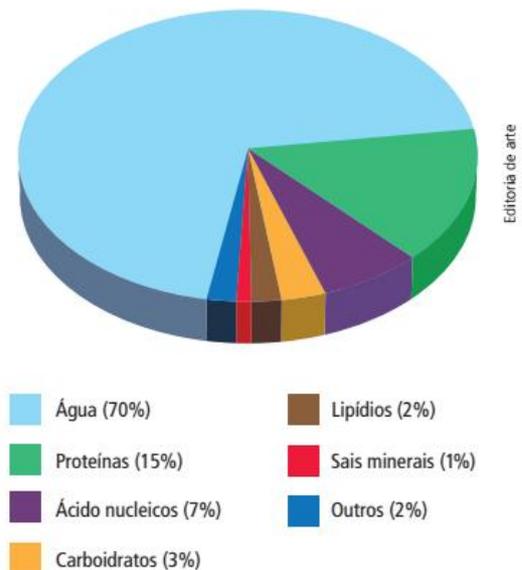
Na natureza, são conhecidos cerca de cem **elementos químicos** diferentes. Todavia, quatro deles — carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e oxigênio (O) — constituem mais de 96% de toda a matéria viva, seguidos, em quantidades menores, por cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), entre outros. Esses elementos químicos associam-se e formam **substâncias químicas**.

A água (substância mais abundante na maioria das células), os sais minerais, o gás oxigênio (O₂) e o gás carbônico (CO₂) são **substâncias inorgânicas**, pouco complexas e pobres em energia. As **substâncias orgânicas**, como proteínas, carboidratos, lipídios e ácidos nucleicos, geralmente são complexas e ricas em energia.

Observe a distribuição de alguns elementos químicos na crosta terrestre e no corpo humano (**figura 1**), bem como a distribuição de substâncias químicas na célula de *Escherichia coli*, uma espécie de bactéria (**figura 2**).



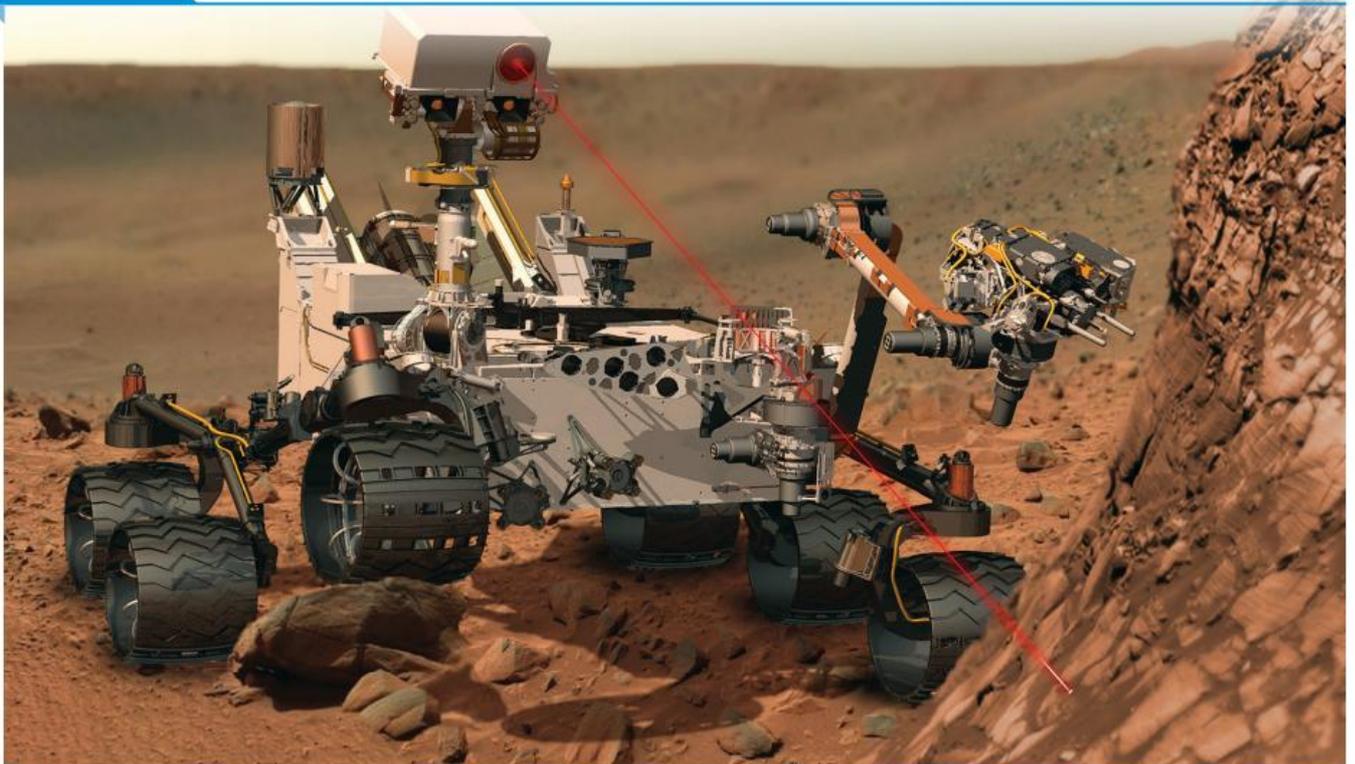
Fonte dos dados: NELSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger: princípios de bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 2002.



Fonte: CURTIS, H.; BARNES, N. S. *Invitation to Biology*. New York Worth Publishers, 1994.

Figura 1. Distribuição de determinados elementos químicos na crosta terrestre e no corpo humano. Compare as respectivas porcentagens.

Figura 2. Distribuição de substâncias em uma bactéria da espécie *Escherichia coli*, ser vivo formado por uma única célula.



NASA/JPL-Caltech

Figura 3. Em agosto de 2012, pousou em Marte o veículo robótico *Curiosity*, lançado pela Nasa em novembro do ano anterior. Uma de suas missões naquele planeta era procurar sinais de moléculas orgânicas em rochas e na superfície, o que indicaria se nosso vizinho do Sistema Solar teria abrigado vida microbiana. Porém, para evitar eventual contaminação com microrganismos terrestres, foram interrompidos os deslocamentos do *Curiosity* para áreas que se mostrassem promissoras quanto ao achado de compostos orgânicos.

Na molécula de água (H_2O), a distribuição de cargas elétricas não é uniforme: em uma extremidade concentram-se cargas positivas; na outra, cargas negativas. Polos positivos e polos negativos de diferentes moléculas atraem-se, estabelecendo as chamadas **ligações de hidrogênio** (ou pontes de hidrogênio), que garantem a coesão entre as moléculas (**figura 4**).

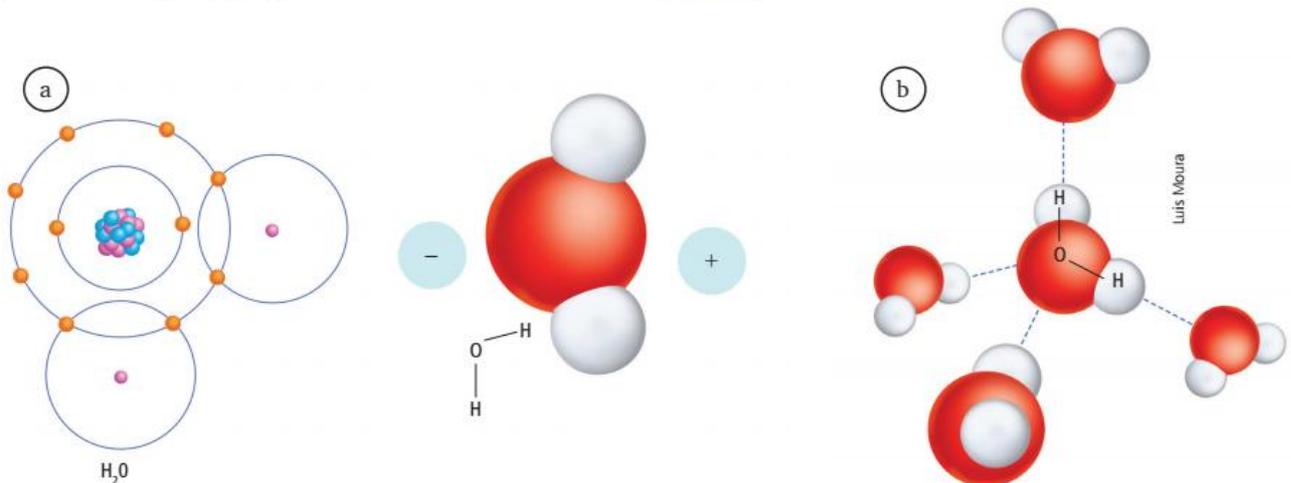


Figura 4. Representações da molécula de água (H_2O). (a) A molécula de água comporta-se como um pequeno ímã. (b) Ligações de hidrogênio formam-se entre as moléculas de água, mantendo-as coesas, de tal maneira que na superfície da água se forma uma película (mantida por uma força chamada tensão superficial), sobre a qual pequenos animais, como alguns insetos, podem caminhar. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A água apresenta importantes funções relacionadas com a manutenção da vida:

- **Atuação como solvente.** A água dissolve grande número de substâncias, o que favorece as atividades vitais. Ao separar partículas (íons e moléculas), permitindo que se movimentem e se choquem mais, facilita a ocorrência de reações químicas. O sal de cozinha (cloreto de sódio) e a sacarose (açúcar de cana) dissolvem-se na água com facilidade, sendo **hidrossolúveis** (solúveis em água).

Existem seres, como as traças-dos-livros, capazes de viver com a água gerada em seu próprio metabolismo, sem necessidade de obtê-la no ambiente.

Devido às propriedades de adesão e de coesão das moléculas de água, elas conseguem penetrar em pequenos espaços, o que se chama capilaridade. Essa propriedade ajuda a explicar o movimento da água, desde as raízes até as mais altas folhas de uma árvore.

- **Meio de transporte.** O fluxo de água no interior das células e dos organismos permite eficiente distribuição de substâncias.
- **Facilitação da ocorrência de reações químicas.** As enzimas, que aumentam a velocidade das reações químicas, só agem em presença de água. Além disso, em algumas reações — chamadas **reações de hidrólise** (do grego *hydro*, água, e *lysis*, quebra) — a água participa como um dos reagentes. Apesar de não ser formada por moléculas muito grandes, a sacarose não pode ser absorvida por nosso intestino, a menos que seja fracionada em duas moléculas menores. A quebra ocorre na presença de uma enzima e com o consumo de uma molécula de água. Portanto, é uma reação de hidrólise.
- **Proteção térmica.** Mesmo que receba ou perca muito calor, a água sofre pequena variação de temperatura. Os seres vivos, que têm grande quantidade de água, estão protegidos contra grandes e bruscas oscilações na temperatura corporal.

Teor de água em alguns órgãos humanos: cérebro (92%); músculos (83%); rins (60%); ossos (48%).

A quantidade de água nos organismos varia de acordo com a espécie: representa cerca de 75% da massa do ser humano adulto, por exemplo. Em um mesmo animal, varia de um órgão ou tecido para outro, de acordo com a taxa metabólica, ou seja, o grau de sua atividade. Geralmente, quanto maior a taxa metabólica, tanto maior é a quantidade de água. Com o envelhecimento, o teor de água diminui.

Componentes minerais

Nos seres vivos, os minerais são encontrados em estruturas esqueléticas (o cálcio, por exemplo, é componente de carapaças, ossos e cascas de ovos) ou dissolvidos na água, como ocorre no meio intracelular. Ali, os sais minerais geralmente estão na forma de **íons**, partículas dotadas de carga elétrica.

Os íons minerais apresentam algumas funções genéricas nos organismos vivos:

- **Regulação da quantidade de água.** Se o meio intracelular tem maior concentração de partículas que o meio extracelular, a água flui para dentro da célula; se o meio extracelular é mais concentrado, a célula perde água para o exterior. Esse fluxo de água chama-se **osmose**.
- **Equilíbrio elétrico da célula.** A distribuição de íons dentro e fora da célula pode estabelecer uma diferença

O impulso nervoso ocorre quando a distribuição de cargas elétricas nas superfícies interna e externa da membrana celular do neurônio se inverte (o que se chama despolarização). A seguir à passagem do impulso nervoso, a membrana repolariza-se, com gasto de energia, e retorna ao estado de repouso.

de cargas elétricas nas faces da membrana plasmática em repouso, que tem a face externa positiva e a face interna negativa. Isso é particularmente importante nos neurônios (células do tecido nervoso), pois permite a condução de impulsos nervosos.

- **Funcionamento de enzimas.** Muitas enzimas só se tornam ativas quando associadas a um fator auxiliar — chamado **cofator** —, que pode ser um íon mineral (como ferro, cobre, magnésio ou zinco).
- **Equilíbrio ácido-base.** Alguns íons minerais contribuem para manter o meio intracelular com pH neutro, semelhante ao da água pura. O pH (figura 5) é uma medida do grau de acidez de uma solução e um fator fundamental para o bom funcionamento metabólico.



Figura 5. Escala de pH, uma medida do grau de acidez ou de alcalinidade de uma solução, mostrando algumas substâncias conhecidas. O valor do pH varia de 0 (mais ácido) a 14 (mais básico ou alcalino). O valor 7 indica pH neutro. (Imagem sem escala; cores-fantasia).

» ALGUNS COMPONENTES MINERAIS

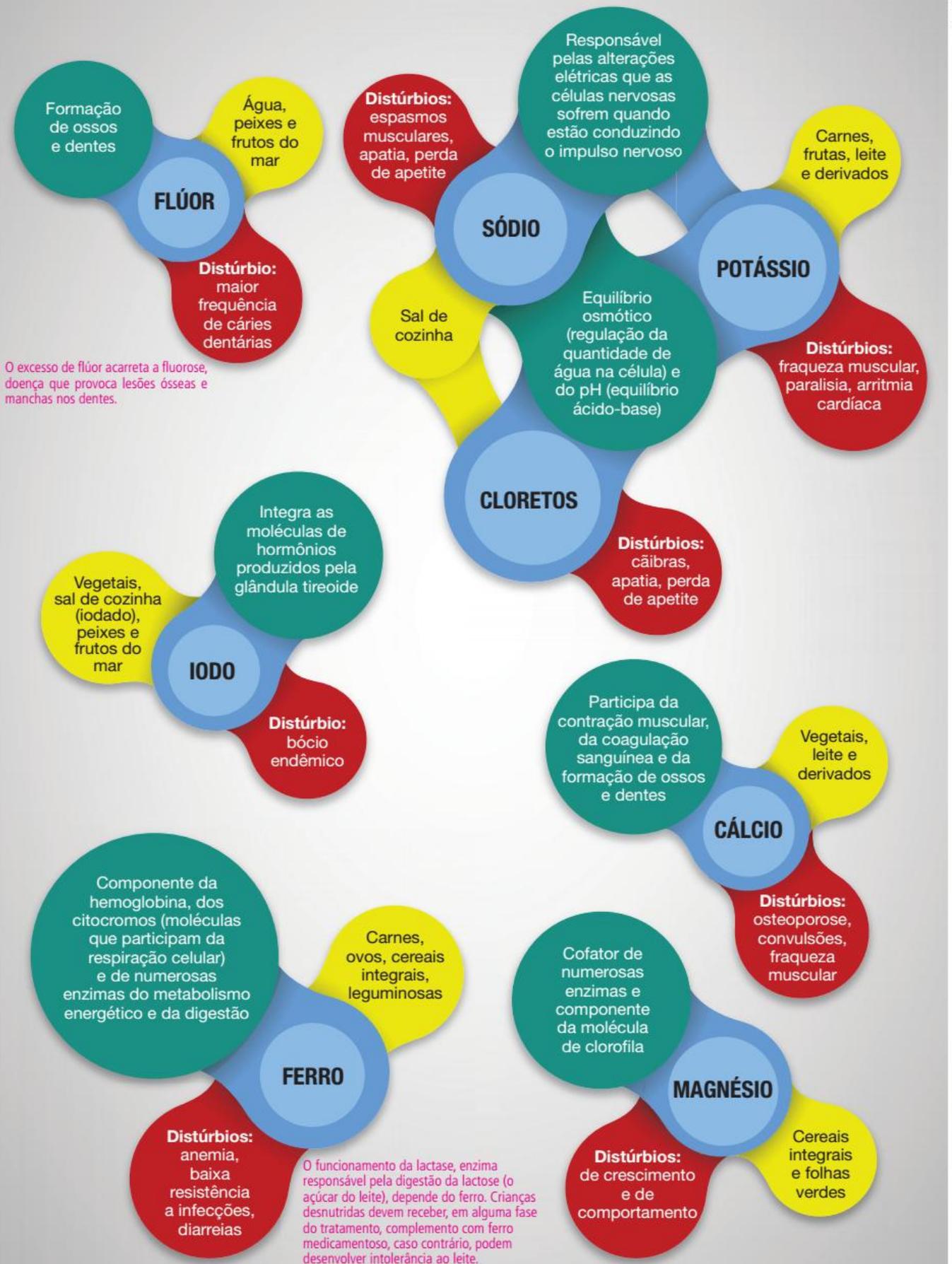


Figura 6. Alguns componentes minerais, principais funções, alimentos em que podem ser encontrados e distúrbios causados por deficiência nutricional de cada um deles.

Atividade prática

Indicadores diferentes

O ponto de mudança do pH de uma solução pode ser sinalizado por um indicador visual, tal como a fenolftaleína ou o azul de bromotimol. Isso ocorre porque a mudança nas características do meio (ácido ou básico) promove mudanças nas complexas estruturas moleculares dessas substâncias, provocando alterações em algumas de suas propriedades, como a cor e o odor.

A vanilina (substância responsável pelo cheiro da baunilha) e o eugenol (responsável pelo cheiro de cravo) são duas dessas substâncias. Ambas apresentam odores diferenciados em razão da acidez do meio.

O suco de cebola é outro exemplo. A presença de compostos orgânicos sulfurados, ou seja, que contêm enxofre, é que caracteriza o odor das cebolas. Esses compostos são voláteis somente em meio ácido, não apresentando odor em solução básica.

Fonte das informações: WOOD, J. T. e EDDY, R. M. *Journal of chemical education*, p. 257, mar. 1996.

Objetivos

- Usar diferentes extratos como indicadores ácido-base.
- Determinar o pH de soluções de uso comum no nosso dia a dia.

Materiais

- faca sem ponta
- funil
- frascos de vidro
- frascos plásticos descartáveis
- papel de filtro
- pilão
- bico de Bunsen
- colheres de sopa descartáveis



Materiais para a parte 1: álcool etílico (álcool caseiro ou etanol); flores de hibisco; flores de azaleia; cascas de uva preta

Materiais para a parte 2: beterraba; repolho roxo; chá-mate

Materiais para a parte 3: sabão em pó; limpa-piso; limpa-forno; açúcar; sabão; água; água sanitária; vinagre; detergente; amoníaco; suco de limão; sal

Materiais para a parte 4: papel indicador universal

Procedimentos

Organizem-se em grupos de dois ou três alunos. Cada grupo deverá realizar as partes de 1 a 4, registrando suas observações no caderno.

Parte 1: Extração de corantes de hibisco, azaleia e cascas de uva preta. Amassar, separadamente, cada um dos diferentes materiais em um recipiente com álcool etílico (álcool caseiro ou etanol) e deixar em repouso por, aproximadamente, 15 minutos. Filtrar e separar o líquido obtido. Anotar as cores dos extratos obtidos.

Para dar prosseguimento às atividades, a realização da parte 2, que segue, deverá ser efetuada longe dos materiais obtidos e utilizados na parte 1, que são inflamáveis.

Parte 2: Extração de corantes de beterraba, repolho roxo e chá-mate. Picar em pequenos pedaços cada material, e aquecer em água, separadamente, até obter uma solução colorida. Esfriar e coar separadamente a solução colorida. Anotar as cores dos extratos obtidos.

Parte 3: Preparo das soluções-problema. Para cada material listado para a execução da parte 3 separe seis recipientes (podem ser tubos de vidro ou frascos transparentes descartáveis), em seguida coloque aproximadamente três colheres de sopa com água em cada um dos recipientes. Portanto, se forem usados os 12 materiais listados serão necessários 72 recipientes com água. Escolha um dos materiais e adicione um pouco de um dos extratos preparados nas partes 1 e 2 em um dos recipientes. Em cada recipiente deve ser usado um dos tipos de extrato sem que haja mistura entre eles. Faça o mesmo para os outros extratos.

Para auxiliar na organização do experimento, os recipientes podem ser etiquetados, indicando o nome do material (6 recipientes para cada um) e também o nome do extrato que será usado, por exemplo: sabão em pó + extrato de hibisco; sabão em pó + extrato de azaleia, e assim por diante.

Em seu caderno, monte uma tabela, como o modelo abaixo, e indique a cor da mistura em cada um dos recipientes, após a adição dos extratos.

Parte 4: Com papel indicador universal, determine o pH de cada uma das substâncias preparadas na parte 3. Anote os resultados.

Material	Cor inicial	Extrato de					
		Hibisco	Azaleia	Casca de uva	Beterraba	Repolho roxo	Chá-mate
Sabão em pó							
Limpa-piso							
Limpa-forno							
Açúcar							
Sabão							
Água							
Água sanitária							
Vinagre							
Detergente							
Amoníaco							
Suco de limão							
Sal							

Resultados e discussão

Escreva no caderno

- Todos os extratos obtidos são bons indicadores ácido-base? Explique.
- Seria possível prever, com certeza, o caráter ácido-base dos materiais propostos, sem o emprego do indicador universal?

Compostos orgânicos: aspectos gerais

As substâncias orgânicas são formadas por grandes e complexas moléculas que contêm átomos dos elementos carbono e hidrogênio. Muitas moléculas orgânicas (como o polietileno, a poliamida, o PVC e outras) são produzidas em laboratório e não são encontradas em seres vivos. Usaremos, porém, a expressão “substância orgânica” para indicar compostos que tenham carbono e hidrogênio e que sejam encontrados nos seres vivos, ou que deles fizeram parte.

As substâncias orgânicas podem desempenhar várias funções:

- **Estruturais.** Compõem a estrutura das células e dos tecidos. Exemplo: o colágeno é componente de ossos, cartilagens, tendões e pele; a celulose é encontrada em tecidos vegetais.
- **Energéticas.** Fornecem energia para o trabalho celular. Algumas, como a glicose, exercem a função de combustível de uso imediato; outras, como os lipídios, constituem reserva energética.
- **Controladoras ou informacionais.** Controlam as atividades celulares, como depositárias das informações genéticas ou como executoras dessas informações. São exemplos os ácidos nucleicos (DNA e RNA) e as proteínas (que podem agir como catalisadores, aumentando a velocidade de reações químicas).

As funções realizadas pelas moléculas orgânicas nos seres vivos estão relacionadas ao **metabolismo**, que compreende o anabolismo e o catabolismo:

- **Anabolismo.** É a montagem de moléculas complexas e ricas em energia, a partir de moléculas mais simples. Em geral, envolve **reação de condensação** (por desidratação), que é a união de duas moléculas orgânicas, resultando na liberação de uma molécula de água (**figura 8a**). Um exemplo é a síntese de proteínas, pela união de aminoácidos. Importantes compostos orgânicos são **biopolímeros**, ou seja, macromoléculas constituídas pela união de moléculas menores (monômeros), que se sucedem de forma repetitiva. O amido, por exemplo, é um polímero formado por centenas de moléculas de glicose.
- **Catabolismo.** Consiste na degradação de moléculas complexas, com liberação de energia e produção de moléculas menores. Em geral, o fracionamento de ligações de moléculas orgânicas se dá pela adição de moléculas de água, constituindo as **reações de hidrólise** (**figura 8b**). Na digestão dos alimentos, por exemplo, ocorrem reações de hidrólise.



nitinut380/
Shutterstock.com

Figura 7. Fabricantes de jatos de passageiros aposentam o alumínio e empregam compostos de carbono. Mais leves, as aeronaves transportam mais passageiros, consomem menos combustível e poluem menos a atmosfera.

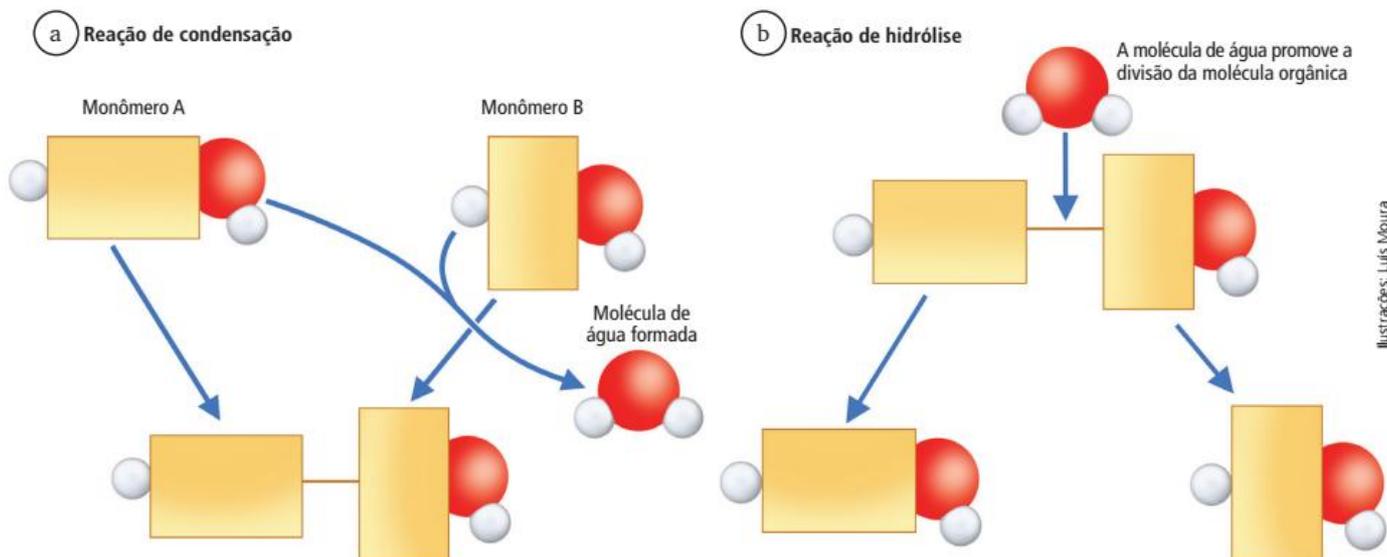


Figura 8. (a) Na reação de condensação, moléculas pequenas (os monômeros A e B) unem-se e formam moléculas maiores, com saída de uma molécula de água. (b) O inverso acontece na reação de hidrólise, em que a adição de uma molécula de água promove a quebra de uma molécula maior em moléculas menores. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Carboidratos

Os **carboidratos** (também chamados hidratos de carbono ou glicídios) são constituídos, geralmente, por carbono, hidrogênio e oxigênio. Um exemplo é a **glicose**, que pode fornecer energia para as atividades vitais. Cada grama de glicose degradada libera quase 4 kcal (quilocalorias).

Mais especificamente, uma caloria (1 cal) é a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 g de água de 14,5 °C a 15,5 °C, à pressão de 1 atmosfera. Apesar de não pertencer ao Sistema Internacional de Unidades (SI), a caloria é uma unidade de medida amplamente utilizada. Quilocaloria (ou 1 kcal) equivale a mil calorias (1000 cal).

Uma **caloria** é a quantidade de energia necessária para elevar em 1 °C a temperatura de 1 g de água.

Uma pessoa adulta com vida sedentária consome aproximadamente 2 200 kcal/dia, enquanto um adulto, em atividade física intensa, pode necessitar de até 8 000 kcal/dia.

Do total calórico da dieta humana, cerca de 50% provêm dos carboidratos, 30% a 35% dos lipídios e 15% a 20% das proteínas. Caso a oferta calórica seja inferior à necessidade, o organismo utilizará as reservas de carboidratos e de lipídios. Se estas chegarem próximo do final, as proteínas passarão a ser usadas como fonte de energia, levando ao consumo da massa muscular e dos constituintes celulares. A desnutrição calórico-proteica em que predomina a deficiência calórica é conhecida por **marasmo** e pode levar à morte por inanição, isto é, à falência energética do organismo.

A fórmula molecular da glicose é $C_6H_{12}O_6$, mas é sua fórmula estrutural que mostra a distribuição dos átomos na molécula.

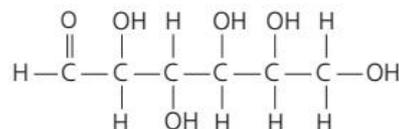


Figura 9. Fórmula estrutural da glicose.

Glicose, frutose e galactose têm fórmula $C_6H_{12}O_6$ e diferem no arranjo dos átomos ao longo da molécula, o que confere propriedades específicas a cada uma delas. A frutose, por exemplo, é muito mais doce que a glicose.

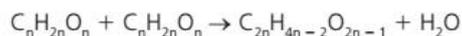
Os carboidratos classificam-se em:

- **Monossacarídeos.** São carboidratos simples, cuja degradação não resulta em carboidratos menores. Têm fórmula geral $C_nH_{2n}O_n$, e seu nome genérico é dado pelo valor de n (número de átomos de carbono na molécula), que varia de 3 a 7.

$n = 3$	$(C_3H_6O_3)$	→	Trioses
$n = 4$	$(C_4H_8O_4)$	→	Tetroses
$n = 5$	$(C_5H_{10}O_5)$	→	Pentoses
$n = 6$	$(C_6H_{12}O_6)$	→	Hexoses
$n = 7$	$(C_7H_{14}O_7)$	→	Heptoses

As **hexoses** (como a glicose, a frutose e a galactose) têm papel predominantemente energético; além disso, são as unidades de formação de carboidratos mais complexos. As **pentoses** compõem as moléculas do DNA e do RNA; trioses, tetroses, pentoses e heptoses são compostos intermediários na respiração celular aeróbia e na fotossíntese.

- **Oligossacarídeos.** São formados pela união de duas a dez unidades de monossacarídeos. Os dissacarídeos, por exemplo, são constituídos pela união de duas moléculas de monossacarídeos, com saída de uma molécula de água. A fórmula geral dos dissacarídeos é $C_{2n}H_{4n-2}O_{2n-1}$.



Os dissacarídeos mais importantes são a maltose, formada por duas moléculas de glicose; a sacarose (açúcar de cana ou de beterraba), constituída por uma molécula de glicose ligada a uma de frutose; e a lactose (encontrada no leite), que resulta da união de uma molécula de glicose com uma de galactose.

- **Polissacarídeos.** Suas moléculas são muito grandes, geralmente insolúveis em água e formadas por centenas ou milhares de moléculas de monossacarídeos. Classificam-se em dois tipos principais: os de reserva e os estruturais.

Os **polissacarídios energéticos de reserva** são formas de armazenamento de glicose. Em plantas, o principal é o **amido**, presente em sementes (arroz e feijão), em raízes (mandioca), em caules (batata) ou em frutos (banana). Em animais, a glicose é armazenada como **glicogênio**, em células musculares e no fígado.

Os **polissacarídios estruturais** têm função esquelética. Os mais importantes são a **quitina**, rígida e resistente, que constitui o esqueleto externo dos artrópodes (como os insetos e as aranhas), e a **celulose**, fibra componente da parede de células vegetais, a qual protege e sustenta as células e toda a planta.

A celulose é o composto orgânico mais abundante. Quando comemos um vegetal, como uma folha de alface, aproveitamos muitos de seus componentes, pois a parede celular é permeável e permite a chegada de enzimas digestivas à célula e a saída de nutrientes. Todavia, a celulose não é digerida no corpo humano, que não produz celulase, a enzima adequada para isso. Já os mamíferos herbívoros (cavalos e vacas, por exemplo) e alguns insetos (como cupins e baratas) têm no tubo digestório microrganismos que produzem celulase.

Mesmo sem celulase, é importante que a dieta humana contenha alimentos ricos em celulose (como frutas, verduras e grãos integrais), cuja falta se associa a numerosas doenças, como hemorroidas, divertículos e câncer de intestino.

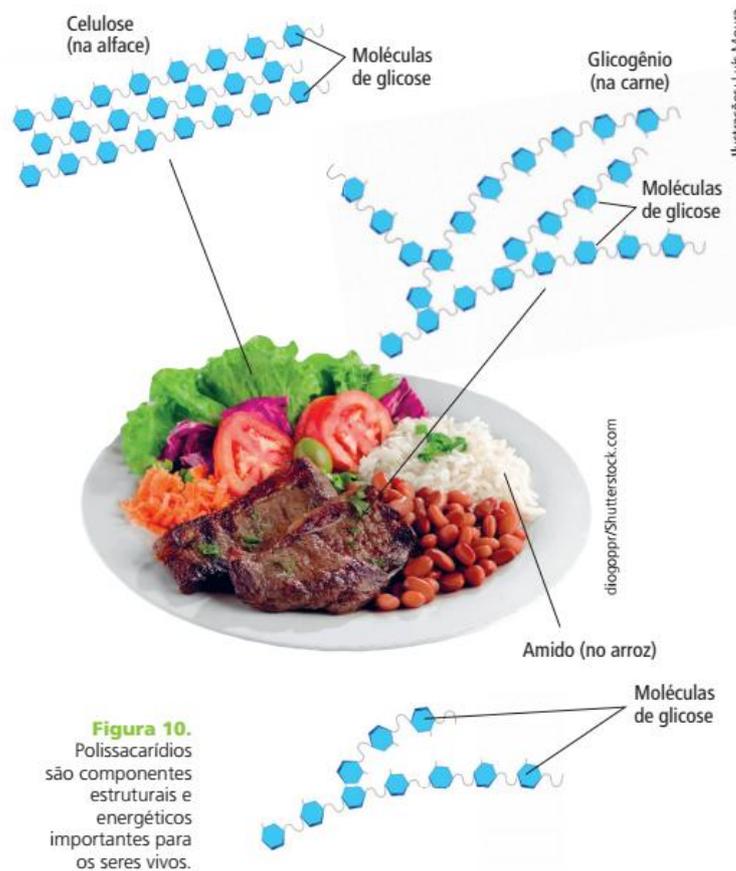


Figura 10. Polissacarídios são componentes estruturais e energéticos importantes para os seres vivos.

Ilustrações: Luis Moura

diogoppr/Shutterstock.com

Lipídios

Em relação aos animais, as plantas têm maior capacidade de armazenamento de carboidratos, seja em raízes, frutos ou sementes. Por mais glicose que seja produzida na fotossíntese, há como estocar o excedente na forma de amido ou incorporá-la como celulose, na parede celular. No entanto, as plantas também armazenam energia em moléculas de lipídios: são os óleos vegetais, encontrados em frutos (azeitonas, por exemplo) e em sementes (amendoim, soja e girassol).

Os animais têm capacidade muito limitada de armazenamento de carboidratos. Um ser humano adulto pode armazená-los como glicogênio (no máximo, cerca de 100 g) em células do fígado e em células musculares. Nos animais, quase todo o excedente energético é convertido em lipídios (gorduras), armazenados sob a pele ou entre os órgãos.

Comparados aos carboidratos, os lipídios possuem maior quantidade de ligações químicas ricas em energia; conseqüentemente, armazenam mais energia por unidade de massa: cerca de 9,3 kcal/g (quilocalorias por grama).

Além de **reserva energética**, os lipídios atuam como **isolantes térmicos** (figura 11), pois conduzem mal o calor. A grossa camada de gordura de certos animais dificulta a perda de calor para o ambiente, constituindo importante adaptação em clima muito frio. Lipídios também protegem mecanicamente certos órgãos; é o caso dos rins, envolvidos por uma cápsula de gordura que atua como um amortecedor de choques.



Figura 11. A camada de gordura que os pinguins armazenam, principalmente no verão, é reserva energética e isolante térmico para os meses mais frios do ano.

Gerard Lazr/AGE Fotostock/Grupo Keystone

A degradação de moléculas de lipídios libera energia e gera água. Alguns animais, como o camelo (que armazena grande quantidade de gordura na corcova), conseguem passar dias sem ingerir água, vivendo exclusivamente da que foi produzida no corpo.

Quando um animal está em jejum, após o final dos estoques de glicogênio ou durante a hibernação, bem como as aves durante as migrações, os lipídios são praticamente a única fonte de energia. Os seres humanos toleram mal essa dependência exclusiva dos lipídios em períodos de jejum prolongado, pois a degradação dessas substâncias libera **corpos cetônicos**, que são tóxicos quando acumulados no organismo.

Os lipídios constituem um grupo heterogêneo de compostos orgânicos, cuja única característica comum é sua pequena solubilidade em água (são **hidrofóbicos**) e sua grande solubilidade em solventes orgânicos, como éter, benzeno e clorofórmio. Incluem ácidos graxos, triacilgliceróis, fosfolipídios, ceras e esteroides.

Os **triacilgliceróis** (conhecidos como óleos ou gorduras) são formados por três moléculas de ácidos orgânicos chamados **ácidos graxos**, ligados a uma molécula de **glicerol** (álcool com três átomos de carbono) (**figura 12**). Os mais abundantes têm cadeia carbônica constituída por 14 a 22 átomos de carbono, tendo em uma extremidade um grupo carboxila (—COOH).

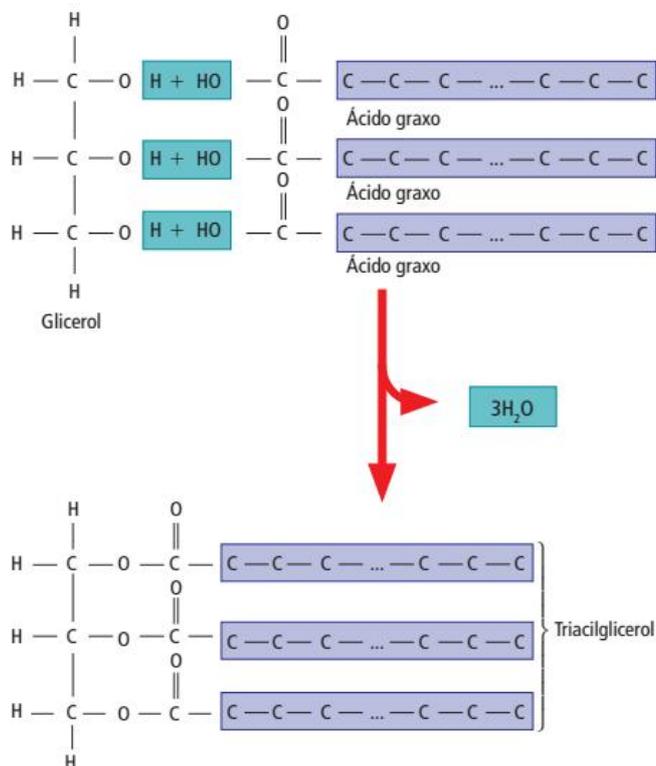


Figura 12. Três moléculas de ácidos graxos ligam-se a uma molécula de glicerol, formando um triacilglicerol.

O estoque de glicogênio de um ser humano tem energia para mantê-lo por apenas um dia, enquanto as reservas de lipídio podem ser suficientes para mais de 20 dias.



Os **fosfolipídios** têm importante papel estrutural como componentes das membranas celulares (inclusive da membrana plasmática) (**figura 13**). São formados pela união de uma molécula de glicerol, duas de ácidos graxos e um grupo fosfato, ao qual se une uma molécula orgânica, como a colina.

Neste momento, retomar os conceitos de molécula polar e molécula apolar permite justificar as características hidrofílicas e hidrofóbicas dos fosfolipídios.

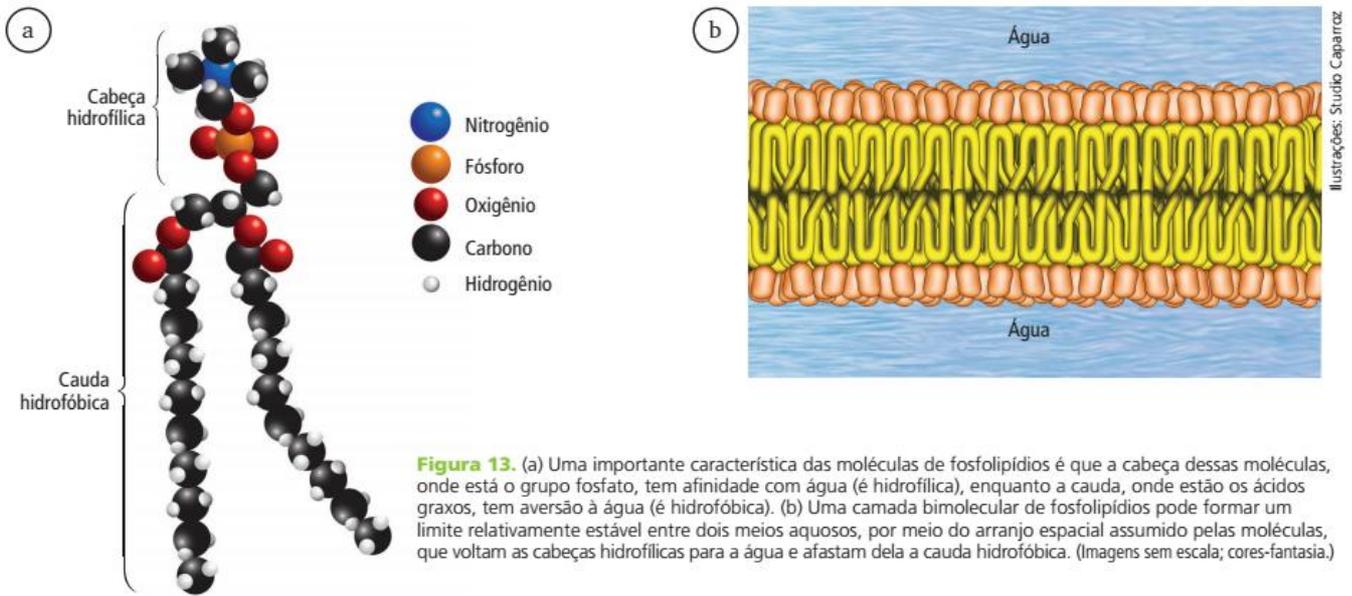


Figura 13. (a) Uma importante característica das moléculas de fosfolipídios é que a cabeça dessas moléculas, onde está o grupo fosfato, tem afinidade com água (é hidrofílica), enquanto a cauda, onde estão os ácidos graxos, tem aversão à água (é hidrofóbica). (b) Uma camada bimolecular de fosfolipídios pode formar um limite relativamente estável entre dois meios aquosos, por meio do arranjo espacial assumido pelas moléculas, que voltam as cabeças hidrofílicas para a água e afastam dela a cauda hidrofóbica. (Imagens sem escala, cores-fantasia.)

As **ceras** são derivadas de ácidos graxos de cadeias carbônicas longas e de um álcool de cadeia longa, diferentemente do glicerol. As ceras estão em camadas sobre o exoesqueleto dos artrópodes, na pele e nos pelos dos mamíferos, na pele e nas penas das aves. As abelhas secretam cera e com ela constroem os favos (**figura 14a**). As plantas também possuem cera, como a que recobre os frutos e as folhas, dificultando a perda de água. As folhas da carnaúba (**figura 14b**), palmeira do Nordeste brasileiro, são cobertas por uma abundante camada de cera, que impede a perda de água pelas folhas. Essa cera é industrializada e utilizada na produção de diversos produtos, como tintas e cosméticos.

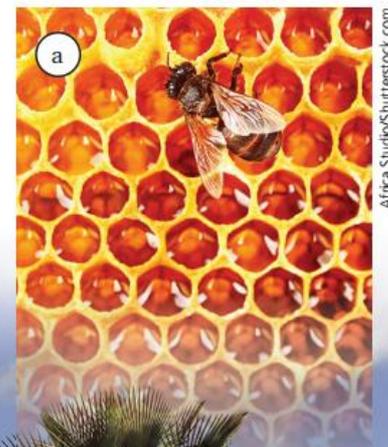
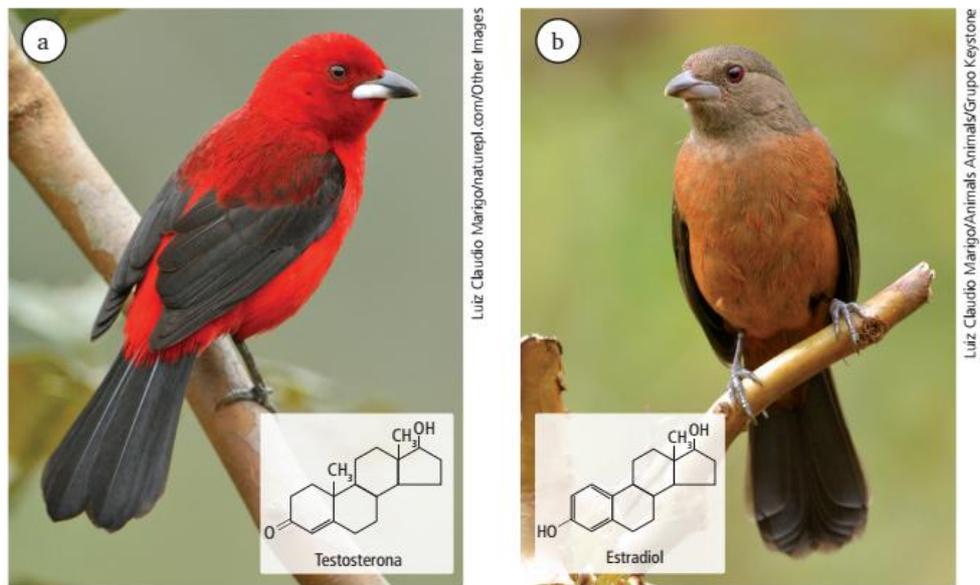


Figura 14. (a) A cera dos favos de abelhas e (b) a cera que recobre as folhas da carnaúba são exemplos de lipídios.

Os **esteroides** são moléculas constituídas por anéis carbônicos ligados entre si. Alguns exemplos são: colesterol, vitamina D, sais biliares e hormônios sexuais (testosterona, estradiol e progesterona) (**figura 15**).

Apresentam dimorfismo sexual as espécies que exibem características sexuais secundárias. Na espécie humana, são exemplos disso o desenvolvimento da massa muscular, o timbre de voz e a distribuição de pelos; em outros animais, evidenciam-se a plumagem ou a pelagem, a presença de chifres e outras características.

Figura 15. Pequenas diferenças químicas podem resultar em grandes diferenças fisiológicas. A testosterona (hormônio sexual masculino) e o estradiol (hormônio sexual feminino) são moléculas que diferem muito pouco, mas seus efeitos são bastante distintos. Nas fotos, (a) o macho e (b) a fêmea do tiê-sangue (*Ramphocelus bresilius*, 19 cm de comprimento), ave da Mata Atlântica que exibe dimorfismo sexual muito evidente.



▶ Lipídios e a saúde humana

Quando a ingestão de alimentos não é compensada pela realização de atividades físicas, o organismo estoca o excedente de energia sob a forma de gorduras. Isso pode levar à **obesidade**, condição que pode trazer consequências para o organismo, como hipertensão e diabetes, além de eventual desconforto social.

Um parâmetro em geral aceito para avaliar o grau de obesidade é o **índice de massa corporal (IMC)**, calculado dividindo-se a massa corporal (em quilogramas) pela altura (em metros) elevada ao quadrado. Um resultado abaixo de 18,5 indica **subnutrição**; entre 18,6 e 24,9 associa-se à condição de **normalidade**; entre 25,0 e 29,9 indica **sobrepeso**; acima de 30,0 aponta para a condição de **obesidade**.

No entanto, esses valores são relativos: crianças, atletas e pessoas sedentárias necessitam de outras avaliações. Um atleta possui músculos que pesam mais do que a gordura e, por isso, ele pode apresentar IMC mais elevado, sem ser obeso. Já o IMC de uma pessoa sedentária pode estar na faixa normal, embora tenha mais gordura no corpo do que o recomendado.

▶ Saúde e alimentação

Ácidos graxos insaturados (como o ácido oleico) são os que apresentam uma ou mais ligações duplas entre os átomos de carbono da cadeia. São líquidos em temperatura ambiente e encontram-se em grande proporção nos óleos vegetais (como o de milho, o de canola e o de girassol). Empregados na produção de margarinas, os óleos vegetais (que possuem ácidos graxos insaturados) recebem hidrogênio, que rompe ligações duplas entre átomos de carbono, de modo a se tornarem saturados e adquirem consistência cremosa.

Abundantes nas gorduras animais, os **ácidos graxos saturados** (como o ácido esteárico) apresentam apenas ligações simples entre os átomos de carbono da cadeia e geralmente são sólidos em temperatura ambiente. Manteiga, carnes gordurosas e sorvetes com leite na composição são fontes particularmente ricas em ácidos graxos saturados. Dieta com elevada concentração desses ácidos graxos aumenta o risco de desenvolvimento das doenças cardíacas e de outros problemas cardiovasculares.

Ômega-3 é o nome dado a um grupo de ácidos graxos capazes de inibir a agregação plaquetária (uma das causas da formação de trombos no interior dos vasos sanguíneos), reduzir os níveis sanguíneos de triacilgliceróis e estabilizar placas de aterosclerose.

▶ A dieta dos inuites (povos que habitam latitudes elevadas no Hemisfério Norte) baseia-se em alimentos de origem animal, ricos em gorduras, particularmente lipídios com alta porcentagem de ácidos graxos saturados e de colesterol. Entretanto — e paradoxalmente — apresentam pequena incidência de doenças cardiovasculares. Avaliando a dieta dessas pessoas, pesquisadores encontraram quantidades elevadas de um tipo especial de ácido graxo denominado ômega-3. Presente em alto teor nos peixes, essa substância reduz os riscos de doenças cardiovasculares.

Em geral, as recomendações alimentares orientam que lipídios representem, no máximo, 35% do valor calórico diário da dieta, e, do total de gorduras ingeridas, as saturadas não devem passar de 10%. Tais recomendações são válidas para pessoas de todas as idades, e não apenas para idosos ou quem sofre de doenças cardíacas. O processo de envelhecimento dos vasos sanguíneos, responsável pelo infarto do miocárdio e por outras doenças, começa na infância.

O colesterol (um esteroide) é importante na constituição das membranas das células e é matéria-prima na formação de hormônios. Entretanto, em certas pessoas, tende a formar depósitos no interior das artérias, podendo interromper o fluxo de sangue para alguns órgãos. Pode ser a causa do infarto do miocárdio, morte de células do músculo do coração causada por obstrução das artérias coronárias (que levam sangue rico em oxigênio ao músculo cardíaco).

O teor de colesterol no sangue tende a se elevar com o consumo excessivo dos seguintes alimentos: frituras, carnes gordas, toucinho, presunto, copa, salame, salsicha, miúdos e pele de aves, camarão, lagosta, frutos do mar e conservas de peixe em óleo, leite integral, manteiga, queijos amarelos, creme de leite, chantili, iogurtes integrais, sorvetes que contenham leite integral, chocolates e cremes.

Por sua vez, uma dieta balanceada e rica nos seguintes alimentos ajuda a controlar os níveis de colesterol: legumes, frutas, raízes, verduras, grãos, óleos vegetais (milho, soja, girassol, oliva, arroz e canola), peixes, queijo de minas ou ricota, clara de ovo, leite e iogurte desnatados, carnes magras, frango e peru sem pele.

▶ Cuidado com as gorduras trans

Em sua ocorrência natural, os ácidos graxos apresentam configuração *cis*; entretanto, as gorduras, que à temperatura ambiente se apresentam líquidas, passam a ser sólidas durante o processamento industrial, sofrendo hidrogenação, quando algumas ligações duplas adquirem a configuração *trans*. Gorduras *trans* estão presentes em grande quantidade em alimentos industrializados, como sorvetes, batatas fritas, margarinas, bolachas recheadas, pipocas de micro-ondas e outros.

O rótulo dos alimentos deve informar a quantidade de **gorduras trans** que contém (figura 16). Não é recomendável que a ingestão de gorduras *trans* ultrapasse 2 g por dia, porque elas estão associadas ao aumento dos níveis de LDL (o chamado “colesterol ruim”, que eleva a incidência de doenças cardiovasculares) e à redução do HDL (ou “colesterol bom”, que tem papel protetor contra essas doenças). Além disso, estão relacionadas ao aumento na incidência de diabetes melito, câncer de mama, de intestino grosso e de útero.

Edição de arte

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL / INFORMACIÓN NUTRICIONAL / NUTRITIONAL INFORMATION			
Porção de 20g (2 colheres de sopa)			
Quantidade por Porção / Cantidad por porción / Quantity per portion		%VDI*	
Valor energético / Caloric Value	70 kcal=294 kJ	4%	
Carboidratos / Carbohidratos / Carbohydrates	12g	4%	
Proteínas / Proteínas / Proteins	2,3g	3%	
Gorduras totais / Grasas totales / Total Fat	1,1g	2%	
Gorduras saturadas / Grasas saturadas / Saturated Fat	0,8g	4%	
Gorduras trans / Grasas trans / Trans Fat	não contém/no contienel doesn't contain	**	
Fibra alimentar / Fibra alimentaria / Dietary fiber	2,9g	12%	
Sódio / Sodio / Sodium	0mg	0%	

*% Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal

LDL (*low density lipoproteins*): lipoproteínas de baixa densidade; HDL (*high density lipoproteins*): lipoproteínas de alta densidade.

Figura 16. Nas tabelas nutricionais dos rótulos dos alimentos industrializados, é possível obter informações sobre os tipos e as quantidades de gorduras presentes.

A notícia

Anvisa quer que rótulo informe alto teor de sal, gordura e açúcar

Ressalte a importância de boas práticas dietéticas e da atividade física para a manutenção da saúde.

Novo presidente avalia que não há informações suficientes nos produtos para que os consumidores façam escolhas conscientes

O novo presidente da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) [...] defende mudanças na embalagem dos alimentos, para tornar mais fácil a identificação de produtos com alto teor de sal, açúcar ou gordura. Ele avalia que rótulos atualmente em uso no País não trazem as informações necessárias para que consumidores façam suas escolhas de forma consciente. “O problema da rotulagem é importante porque torna claro para o

consumidor o que ele está comprando”, afirmou o sanitarista ao Estado, na sua primeira entrevista à frente do órgão.

O consumo excessivo de açúcar, sal e gorduras é considerado fator de risco para doenças como diabete, hipertensão e obesidade, três problemas de saúde que afetam parcela significativa de brasileiros. Dados do Vigitel, inquérito feito por telefone entre moradores de capitais, mostra que um quarto da população é hipertensa

e metade está acima do peso. Para evitar a expansão das doenças crônicas, responsável por cerca de 72% das mortes no País, o Ministério da Saúde recomenda a adoção de uma dieta rica em frutas e verduras e com quantidades moderadas dos três elementos [...].

FORMENTI, L. Anvisa quer que rótulo informe alto teor de sal, gordura e açúcar. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 30 jul. 2015.

As principais regras para a rotulagem de alimentos no Brasil encontram-se no portal da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Disponível em: <<http://tub.im/4edprh>>. Acesso em: abr. 2016.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler o texto da reportagem, responda em seu caderno:

1. Por que a Anvisa pretende alterar as normas que regulam a rotulagem de alimentos no Brasil?
2. Segundo a notícia, quais componentes dos alimentos associam-se à maior incidência de diabete, hipertensão e obesidade?

1. Há mais de 2.000 anos, quando não se contava com os conhecimentos atuais sobre o surgimento da vida e a composição química dos organismos, o filósofo grego Tales afirmou que a água é a origem de todas as coisas vivas. Em 1913, o bioquímico Lawrence Henderson disse que a água é a substância mais adequada para sustentar a vida.



Gonçalo Diniz/Alamy/latinstock

Bromélias armazenam a água da chuva entre suas folhas, formando um habitat para numerosos seres vivos.

- Que evidências você apresenta para justificar as afirmações de Tales e Lawrence Henderson?
 - Por que a água facilita a ocorrência de reações químicas?
 - Qual é a importância da água na regulação da temperatura corporal dos animais?
 - Pesquise e responda: por que a desidratação pode representar um grave risco de vida para as pessoas?
2. Estabeleça a correspondência entre cada íon mineral e um dos seus principais papéis metabólicos:

Íons minerais	Funções
I. Sódio	(a) Fotossíntese
II. Cálcio	(b) Formação de ossos e dentes
III. Magnésio	(c) Coagulação do sangue
IV. Flúor	(d) Ação hormonal
V. Ferro	(e) Condução de impulsos nervosos
VI. Iodo	(f) Transporte de gás oxigênio

3. A reposição de perdas líquidas decorrentes de diarreia e vômitos normalmente pode ser feita por via oral, sem a necessidade de internação, reduzindo-se os custos do tratamento e os riscos de infecção hospitalar. A terapia de reidratação oral (TRO) reduz o número de mortes decorrentes de diarreia e vômitos. Deve ser iniciada assim que aparecem as manifestações, seguindo as orientações médicas. A tabela a seguir indica a composição química parcial do soro para reidratação oral sugerido pela OMS (Organização Mundial de Saúde), para uso em casos de diarreia e/ou vômitos. São apresentadas, ainda, as composições do soro caseiro e de outras soluções.

Composição química parcial de algumas soluções

Soluções	Concentração (em mmol/L)			
	Sódio	Potássio	Cloreto	Carboidratos
Soro recomendado pela OMS	90	20	80	110
Soro caseiro	82	0,3	83	320
Chá de funcho	0,1	20	5	20
Chá de goiabeira	0,02	4	2	25
Água de coco	5	40	30	230

Fonte dos dados: DOUGLAS, C. R. *Tratado de fisiologia aplicada à nutrição*. São Paulo: Robe Editorial, 2002.

- Tomando-se como ideal o soro da OMS, a reposição de perdas hídricas pode ser feita indistintamente por qualquer uma das demais soluções? Discuta cada uma das soluções apresentadas.
 - Qual dessas soluções poderia ter a composição ajustada às recomendações da OMS pelo acréscimo de sal de cozinha e açúcar? Por quê?
4. (UFV-MG) Utilizando seus conhecimentos sobre a vida do planeta Terra, responda:
- De onde provem todos os carboidratos naturais utilizados por animais e vegetais?
 - Por que se diz que, se a produção dos carboidratos naturais acabasse, a vida na Terra seria extinta?
5. Carboidratos complexos, chamados polissacarídeos, resultam da união de muitas moléculas de monossacarídeos.
- Apresente dois polissacarídeos (um de origem animal e um de origem vegetal) que atuam como reserva energética e indique um órgão animal e um órgão vegetal em que esses polissacarídeos podem ser encontrados.
 - Explique por que a manutenção de estoques de polissacarídeo no corpo é importante para os animais.
6. Estocar substâncias ricas em energia é uma propriedade importante dos seres vivos, e 1 g de lipídio libera mais de duas vezes a quantidade de energia contida na mesma massa de carboidrato. Os animais gastam muita energia na locomoção e os lipídios constituem seus principais estoques de energia. As sementes, estruturas relativamente pequenas, são ricas em lipídios; ao servirem de alimento para alguns animais, podem ser levadas para locais distantes da planta-mãe.
- Qual é a vantagem adaptativa de frutos e sementes estocarem lipídios?
 - No caso dos animais, qual é o papel adaptativo de os estoques de lipídios serem, em geral, maiores do que os de carboidratos?
7. (Unicamp-SP) Os lipídios têm papel importante na estocagem de energia, na estrutura de membranas celulares, na visão e no controle hormonal, entre outros. São exemplos os fosfolipídios, os esteroides e os carotenoides.
- Com quais das funções citadas no texto os esteroides estão relacionados?
 - Cite um local de estocagem de lipídios em animais e um em vegetais.
8. (Ufop-MG) Os noticiários têm mostrado que a obesidade é um problema cada vez mais frequente em determinadas populações. Além disso, sabe-se que há relação entre obesidade e lipídios. Assim, pesquisas recentes, realizadas com alunos de 7 a 14 anos, provenientes de escolas particulares, mostraram índices de obesidade bem mais elevados em relação aos correspondentes aos alunos das escolas públicas. Com base nessas informações e em seus conhecimentos:
- Sabendo-se que os lipídios constituem uma classe de compostos bastante heterogênea, citar uma propriedade física comum aos lipídios. Justificar o porquê dessa propriedade.
 - Dizer como é denominada a principal substância constituinte dos depósitos lipídicos dos tecidos animais e citar duas funções biológicas exercidas por esta substância.
 - Citar dois fatores que podem ser preponderantes no estabelecimento da obesidade.

Imagens que salvam vidas

As técnicas de diagnóstico por imagem, que se aperfeiçoam com velocidade nunca antes imaginada, permitem que os médicos façam diagnósticos muito mais precisos, essenciais para tratamentos precoces, adequados e eficazes. As técnicas mais antigas, do fim do século XIX, devem-se aos trabalhos do físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923), cuja primeira radiografia obtida mostrava a própria mão.

O ano de 1896 marca o início do uso da radiologia e das imagens radiográficas como ferramenta auxiliar no diagnóstico de enfermidades. Por suas descobertas, Roentgen foi contemplado com o prêmio Nobel de Física, em 1901.

O princípio da radiografia consiste em fazer uma parte do corpo ser atravessada por um feixe de raios X (um tipo de radiação eletromagnética, entre muitos outros que se conhecem, como a luz visível, as ondas de rádio e os raios gama), que será captado por uma placa sensível colocada em um anteparo após o corpo. A radiação sensibiliza a placa radiográfica, formando a imagem de estruturas internas, dependendo da transparência ou da opacidade dos tecidos à passagem dos raios X. Em geral, no corpo dos animais, as porções mais opacas aos raios X, como ossos e dentes, são as mais ricas em compostos minerais, como os sais de cálcio, o que faz com que essas porções fiquem mais visíveis nas imagens.

Em 1972, Godfrey Hounsfield (1919-2004) — engenheiro britânico ganhador do prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1979 — apresentou uma técnica inovadora de radiografia, denominada tomografia computadorizada (TC ou CT Scan), que permite a elaboração de imagens em corte do corpo humano e de partes dele.

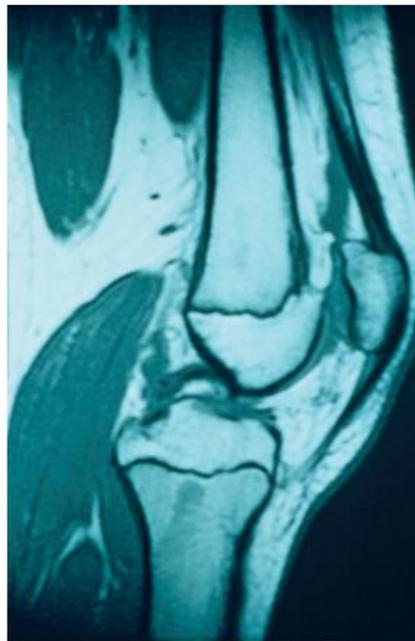
Na década de 1980, foi desenvolvida a ressonância nuclear magnética (RNM), que fornece imagens do corpo semelhantes às que são obtidas com a tomografia computadorizada, mas com algumas importantes vantagens: não utiliza radiação ionizante (o que evita os efeitos colaterais potencialmente danosos dessas radiações) e raramente necessita de substâncias de contraste, de uso comum em radiologia convencional e em TC.

Atualmente, em todas as modalidades de exames radiológicos, radiografia convencional ou TC, e por RNM, as chapas radiográficas vêm sendo substituídas pelos geradores digitais de imagem, que, além de permitirem imagens com maior definição, facilitam seu processamento, manuseio e armazenamento. Convertidas em arquivos digitais, essas imagens podem ser transmitidas pela internet dos laboratórios aos médicos, clínicas e hospitais e visualizadas na tela do computador.

Na radiografia do joelho de um paciente, observa-se que as partes moles (pele, músculos etc.) são radiotransparentes e permitem a passagem do feixe de raios X, enquanto o tecido ósseo, que é radiopaco, bloqueia a passagem da radiação, aparecendo como uma sombra densa na radiografia. Quando a imagem é revelada, as partes transparentes aparecem mais escuras, e as partes opacas, mais brancas.



Robert Llewellyn/CORBIS/Alamy/latinstock



Collection CNR/PHOTOTAKE/Alamy/latinstock

Imagem obtida por ressonância nuclear magnética (RNM), que mostra detalhes da articulação do joelho. Note a diferença entre os diversos tipos de tecidos (pele, músculos, cartilagens, ossos, ligamentos etc.) e compare com a radiografia convencional ao lado.

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

Escreva
no caderno

Informações e subsídios podem ser encontrados nos portais do Conselho Nacional dos Técnicos em Radiologia (disponível em: <<http://tub.im/djK4dd>>; acesso em: abr. 2016) e da Associação Gaúcha de Radiologia (disponível em: <<http://tub.im/9mqoe2>>; acesso em: abr. 2016).

1. Pesquise a respeito dos efeitos danosos da exposição às radiações ionizantes e escreva um pequeno texto sobre eles. Se possível, peça uma breve explicação sobre as radiações eletromagnéticas ao professor de Física.
2. Relacione os cuidados que devem ser tomados por profissionais de saúde (técnicos em radiologia e médicos radiologistas) e pacientes expostos aos raios X.
3. Pesquise e descubra por que as gestantes devem evitar a realização de exames radiológicos.

De que somos feitos?

Proteínas e vitaminas

Doenças e vulnerabilidade social

[...] A saúde é construída e vivida pelas pessoas dentro daquilo que fazem no seu dia a dia: onde elas aprendem, trabalham, divertem-se e amam. A saúde é construída pelo cuidado de cada um consigo mesmo e com os outros, pela capacidade de tomar decisões e de ter controle sobre as circunstâncias da própria vida, e pela luta para que a sociedade ofereça condições que permitam a obtenção da saúde por todos os seus membros.

Organização Mundial da Saúde, 1986¹.

Alterações na estrutura molecular das proteínas podem ser determinadas geneticamente. Um exemplo é a doença falciforme (DF), um tipo hereditário de anemia, em que ocorre a troca de um dos aminoácidos da molécula da hemoglobina. [Veja observação 1.](#)

Quando o traço falciforme é recebido de apenas um dos genitores, a DF causa poucas manifestações clínicas; no entanto, quando o traço é herdado de ambos os genitores, as manifestações adquirem maior significado clínico e constituem a chamada anemia falciforme.

Além de manifestações clínicas que envolvem crises de dor e, em casos mais graves, lesões articulares e alterações no baço e fígado, a DF também repercute em diversos aspectos da vida pessoal, afetiva e familiar, podendo afetar o acesso à escola e ao emprego.

Mais frequente nos descendentes de populações da África subsaariana, da Índia, da Arábia Saudita e de países mediterrâneos, a doença falciforme está difundida em grande parte da população mundial. Estima-se que nasçam em todo mundo, a cada ano, cerca de 300 mil crianças com doença falciforme, sendo 200 mil na África.

Inexistente no Brasil antes da vinda forçada de africanos para o trabalho escravo, entre os séculos XVI e XIX, a DF encontra-se hoje distribuída de forma heterogênea, com elevada prevalência nos estados com maior concentração de afrodescendentes. Na Bahia e em São Paulo ocorrem um caso a cada 650 nascimentos e um caso a cada 4 000 nascimentos, respectivamente. Já em Santa Catarina e no Paraná, nasce uma criança com DF a cada 13 500 partos. [Veja observação 2.](#)

Conhecer os grupos mais afetados e identificar as pessoas com DF é fundamental para que os sistemas públicos de atendimento à saúde possam fornecer tratamento e suporte adequados. Por razões históricas, em sua grande maioria, as pessoas com DF pertencem aos grupos mais pobres e mais dependentes dos sistemas públicos.

Apesar de ainda não haver cura definitiva, muitas manifestações e complicações da DF podem ser atenuadas pelo tratamento correto, melhorando a qualidade e aumentando a expectativa de vida.

Obrigatório no país, o teste do pezinho (integrante do Programa Nacional de Triagem Neonatal — PNTN) é o método de escolha para o diagnóstico precoce. O objetivo do PNTN é a detecção de diversas doenças (como a fenilcetonúria, o hipotireoidismo congênito, a doença falciforme e a fibrose cística), permitindo o tratamento precoce e evitando as sequelas decorrentes de cada uma dessas alterações.

Um profissional de saúde pode ser convidado para falar sobre o Programa Nacional de Triagem Neonatal e o impacto no prognóstico de recém-nascidos com distúrbios genéticos ou metabólicos detectados pelo programa.

¹ Manual de Educação em Saúde — Volume 2. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.

1 – Pelo caráter multifacetado, usa-se preferencialmente a expressão doença falciforme, e não anemia falciforme. A doença falciforme, também conhecida como drepanocitose, tem herança autossômica. Um bom material de apoio é o boletim Doença Falciforme: condutas básicas para tratamento, do Ministério da Saúde (disponível em: <<http://tub.im/mrk7oq>>. Acesso em: mar. 2016).

2 – Todo deslocamento humano é acompanhado pelo deslocamento de agentes infecciosos e do *pool* gênico de uma região para outra. Nesse caso, em particular, o desenraizamento forçado e o deslocamento de grandes contingentes populacionais da África para as Américas para o trabalho escravo colocaram essas pessoas em situação de extrema vulnerabilidade, expostas a condições degradantes de nutrição, moradia, saneamento ambiental, trabalho forçado, exploração sexual etc.

SPL/Lainstock

Glóbulos vermelhos normais e glóbulos vermelhos falciformes.

Aminoácidos e proteínas

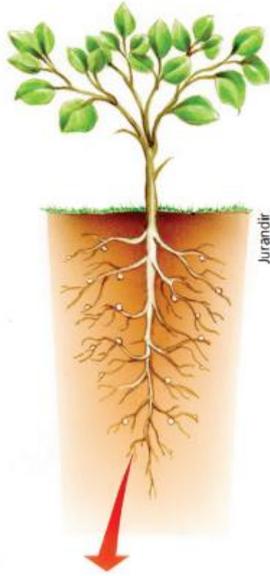


Figura 1. Em nódulos das raízes das leguminosas, como a soja, encontra-se um tipo de bactéria fixadora de nitrogênio atmosférico, pertencente ao gênero *Rhizobium*.

O ciclo do nitrogênio sofre a ação humana de diversas maneiras. Os seres humanos consomem leguminosas (como o nosso tradicional feijão) e alimentos de origem animal; os fertilizantes inorgânicos colocam milhões de toneladas de nitrogênio em terras agricultáveis todos os anos; a queima de combustíveis fósseis (como os derivados do petróleo) lança na atmosfera quantidades gigantescas de óxidos de nitrogênio.

Na fotossíntese (que acontece, por exemplo, nas folhas de plantas leguminosas, como a soja e o feijão), a energia luminosa é convertida em energia química, armazenada nas moléculas de glicose. Simultaneamente, bactérias localizadas em nódulos nas raízes dessas plantas (**figura 1**) transformam o nitrogênio gasoso atmosférico (N_2) em compostos que podem ser assimilados pela planta.

No interior das células dessas plantas, os compostos nitrogenados absorvidos pelas raízes podem ser ligados a algumas moléculas orgânicas formadas a partir da glicose. Desse modo, o nitrogênio é incorporado pelos seres vivos.

Algumas das moléculas orgânicas formadas pela incorporação do nitrogênio são as **proteínas**, uma das substâncias orgânicas mais abundantes nos seres vivos. Elas se destacam pela **versatilidade**, executando grande variedade de funções indispensáveis à vida. Os heterótrofos (como os seres humanos) as produzem a partir das proteínas de outros organismos que ingerem na dieta; estas são desmontadas nas suas unidades componentes, os **aminoácidos**, reunidos em novas sequências, de acordo com informações do material genético.

Os aminoácidos são as unidades de construção das proteínas, e há 20 tipos diferentes deles nas moléculas proteicas. A molécula de um aminoácido é formada por um átomo de carbono central, ao qual se ligam um grupo **amina**, um grupo **carboxila**, um átomo de **hidrogênio** e uma **cadeia lateral** (ou radical) (**figura 2**).

A capacidade de sintetizar aminoácidos varia muito de um ser vivo para outro. Alguns, como as plantas e muitos microrganismos, sintetizam todos os aminoácidos necessários à produção de suas proteínas, incorporando nitrogênio na forma de amônia, nitratos ou outras substâncias.

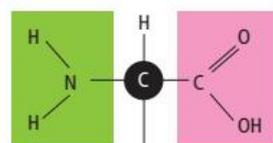
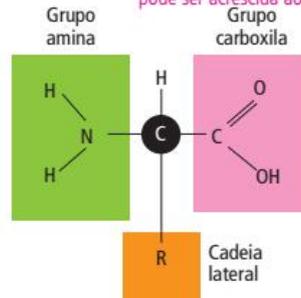
As proteínas de todos os organismos, seja em células humanas, em células vegetais ou bacterianas, contêm os mesmos aminoácidos. Esse fato é significativo: mais uma vez, a bioquímica aponta para uma origem comum dos seres vivos.

Um dos herbicidas mais usados no mundo inteiro é o glifosato, que bloqueia a síntese de certos aminoácidos (fenilalanina, tirosina e triptofano) em células vegetais. O glifosato não afeta células animais, nas quais o metabolismo desses aminoácidos segue caminhos químicos diferentes.

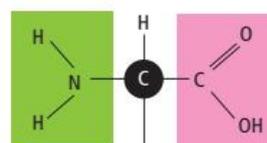
Os animais e outros organismos têm essa capacidade restrita aos chamados **aminoácidos naturais** ou **não essenciais**, que podem ser produzidos a partir de outros aminoácidos ou de carboidratos. Para um determinado organismo, **aminoácidos essenciais** são os que ele não sintetiza, e sim obtém por meio da alimentação.

Para os seres humanos, para os cães e para os camundongos, são oito os aminoácidos essenciais. Para as galinhas, eles são quinze. *Microrganismos do rúmen, o estômago compartimentado dos ruminantes, sintetizam aminoácidos a partir da ureia — $CO(NH_2)_2$ —, que pode ser acrescida ao sal mineral fornecido para o gado.*

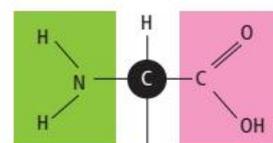
Fórmula geral de um aminoácido



Glicina



Alanina



Serina

Editoria de arte

Figura 2. Os aminoácidos diferem entre si pelo grupo R (radical ou cadeia lateral) ligado ao átomo de carbono central. O grupo R pode ser desde um único átomo de hidrogênio (como no aminoácido glicina), até grupos mais complexos envolvendo muitos átomos de carbono.

As proteínas não são todas iguais, pois podem conter diferentes aminoácidos, em diferentes proporções e sequências. Portanto, dieta rica em proteína não significa, obrigatoriamente, acesso aos aminoácidos necessários. A gelatina, por exemplo, uma sobremesa bastante apreciada, não possui todos os aminoácidos essenciais. Proteínas de **alto valor biológico**, como as de ovos, leite, fígado e carne bovina, possuem aminoácidos essenciais em quantidade satisfatória para o crescimento e o desenvolvimento do organismo.

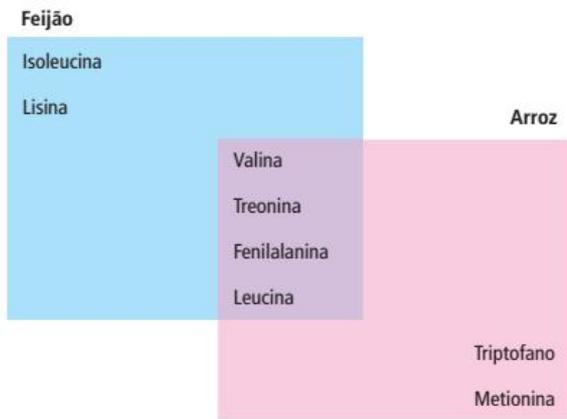


Figura 3. Embora seja uma refeição de origem vegetal, a associação de leguminosas (feijão, soja ou ervilha) com cereais (arroz, milho ou trigo) geralmente fornece a maioria dos aminoácidos essenciais requeridos pelo ser humano.

Organização das moléculas proteicas

A união entre moléculas de aminoácidos ocorre por **ligações peptídicas** (figura 5) e resulta em **oligopeptídios** (união de duas até dez moléculas de aminoácidos) ou em **polipeptídios** (união entre mais de dez moléculas de aminoácidos). Embora haja controvérsia nessa definição, admite-se que proteínas são os polipeptídios de ocorrência natural, biologicamente ativos, com no mínimo 50 aminoácidos.

Alguns oligopeptídios têm importantes ações biológicas. É o caso da ocitocina, hormônio que provoca as contrações do útero durante o parto.



Fotos: Rita Barreto

Figura 4. Montadas em arranjos distintos, as mesmas peças de plástico formam objetos diferentes. De maneira semelhante, as células podem produzir proteínas diferentes usando os mesmos aminoácidos.

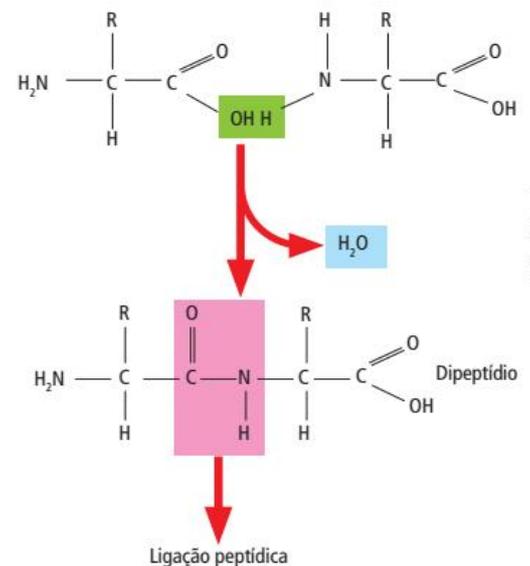
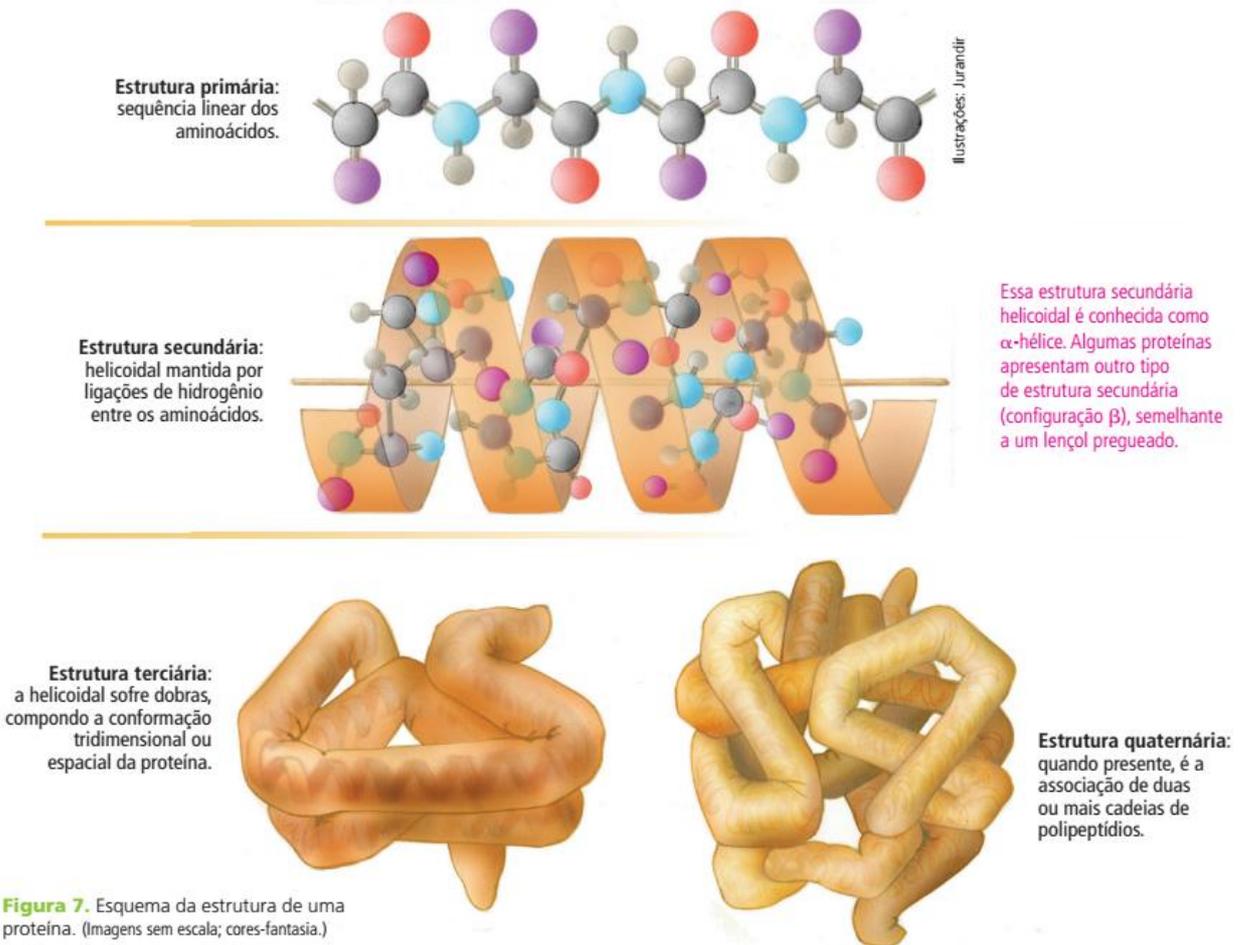


Figura 5. As ligações peptídicas estabelecem-se por desidratação, ou seja, ocorre a saída de uma molécula de água.

No sistema digestório dos animais, as proteínas são hidrolisadas, ou seja, são quebradas em aminoácidos pela adição de moléculas de água. A seguir, os aminoácidos são transportados para as células, podendo ser usados na montagem de outras proteínas, que podem diferir quanto ao número, ao tipo e à sequência de aminoácidos (**figura 6**).



A **estrutura** de uma proteína é a forma por ela exibida, relacionada com sua atividade no organismo (**figura 7**).



Certas proteínas associam-se a outras substâncias químicas. As **glicoproteínas**, por exemplo, são formadas pela associação entre carboidratos e proteínas. Encontram-se na parede de células bacterianas e na membrana plasmática de todas as células. As **lipoproteínas** são proteínas conjugadas a lipídios. Encontram-se nos cloroplastos, nas mitocôndrias, no retículo endoplasmático e no núcleo celular.

A conformação espacial (estrutura terciária) de uma proteína pode ser **globular** (quando a molécula se dobra até tornar-se bastante compacta, como um corpúsculo) ou **fibrosa** (quando forma longos filamentos). Em geral, proteínas globulares são solúveis em água e se difundem rapidamente; têm grande mobilidade pela célula ou pelo corpo. A hemoglobina e a hemocianina — responsáveis pelo transporte de O_2 no sangue de vertebrados e de crustáceos, respectivamente — são proteínas globulares. As proteínas fibrosas, rígidas e insolúveis em água, atuam como componentes estruturais ou de revestimento. A queratina (que recobre a pele de alguns vertebrados) e o colágeno (que compõe, por exemplo, diversas estruturas do corpo humano, como a pele e os tendões) são proteínas fibrosas.

A compreensão da estrutura das proteínas não é um mero detalhe bioquímico. Conhecer a forma espacial de uma proteína pode permitir a obtenção de inibidores específicos, como é o caso dos **inibidores enzimáticos** que compõem drogas antirretrovirais. Esses inibidores dificultam a multiplicação do HIV (vírus da aids) no interior das células infectadas.

Alterações na estrutura primária que podem ser determinadas geneticamente resultam em mudanças nas estruturas secundária, terciária (e quaternária, quando houver).

Um exemplo é a **doença falciforme** (ou anemia falciforme), uma forma hereditária de anemia, em que ocorre a troca de um dos aminoácidos em uma das cadeias da molécula da hemoglobina: uma molécula de ácido glutâmico (Glu) é substituída por uma de valina (Val). Modificam-se a estrutura primária da molécula da proteína e, conseqüentemente, as estruturas secundária, terciária e quaternária.

A hemoglobina normal é chamada hemoglobina A, enquanto a hemoglobina alterada é a hemoglobina S. Em baixas concentrações de oxigênio, os glóbulos vermelhos que contêm a hemoglobina alterada perdem seu aspecto normal, de disco bicôncavo, e assumem o formato de foice (daí o nome falciforme) (figura 8). As células alteradas obstruem pequenos vasos sanguíneos, provocando crises de dor. Enquanto os glóbulos vermelhos normais vivem cerca de 120 dias, essas células são reconhecidas e destruídas, na passagem pelo baço, menos de 30 dias após terem sido liberadas na circulação. A hemoglobina liberada na destruição das hemácias é transformada em bilirrubina, substância que se acumula no sangue e deixa o doente com a pele e as mucosas amareladas.

Desnaturação de proteínas

Determinados fatores alteram a conformação de uma molécula proteica, sem modificar sua seqüência de aminoácidos. A **desnaturação** de uma molécula de proteína é uma mudança (reversível ou não) em sua conformação normal, sem modificação de sua estrutura primária, mas com alteração das propriedades e da atividade da proteína (figura 9). Quando as moléculas das proteínas se desnaturam, alteram-se as estruturas quaternária, terciária e, eventualmente, a secundária.

É o que ocorre ao se fazer o alisamento capilar, em geral o cabelo é umidificado, aquecido e submetido ao tratamento com calor ou com algumas substâncias químicas. Quando a queratina, proteína existente no cabelo, é submetida a calor úmido, perde sua conformação habitual. O calor rompe as ligações de hidrogênio, enquanto os produtos químicos empregados rompem outros tipos de ligação. O alisamento não é definitivo, pois o cabelo cresce; o cabelo novo, com a queratina na configuração natural, acaba substituindo o cabelo alisado.

Proteínas chamadas **chaperoninas** protegem outras proteínas, ligando-se a elas e evitando que percam a conformação normal quando expostas a agentes potencialmente danosos.

Quando uma célula é exposta a temperaturas elevadas, aumenta a síntese de chaperoninas. Por isso, elas se incluem entre as chamadas **proteínas de choque térmico** (hsp, *heat shock proteins*). Chaperoninas são encontradas em mitocôndrias, cloroplastos e algumas bactérias.

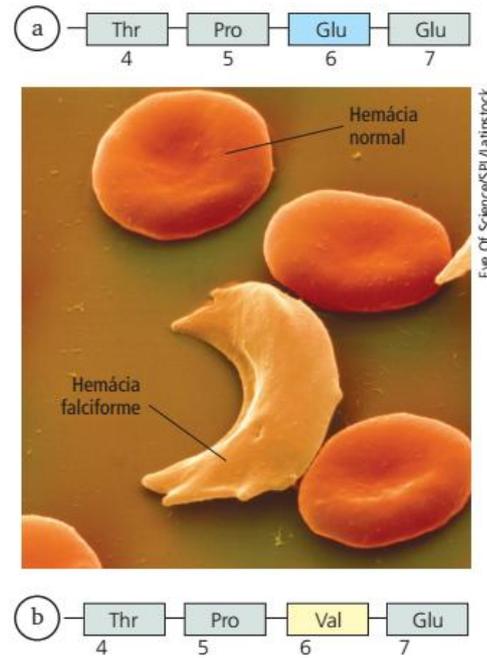


Figura 8. Trecho da molécula (a) da hemoglobina normal e (b) da hemoglobina falciforme. Na fotografia veem-se hemácias normais e uma falciforme. (Imagem de microscopia eletrônica, aumento aproximado de 8 100 vezes; colorido artificialmente.)

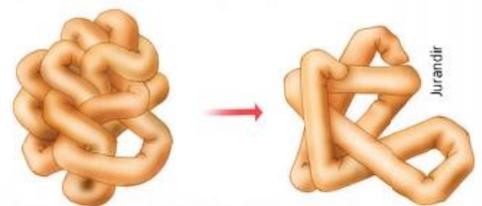


Figura 9. A desnaturação modifica a conformação normal de uma molécula de proteína e altera suas propriedades e atividade. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A desnaturação pode ser causada por vários fatores: elevação da temperatura, mudanças de pH (**figura 10**) e ação de certas substâncias, como a ureia.

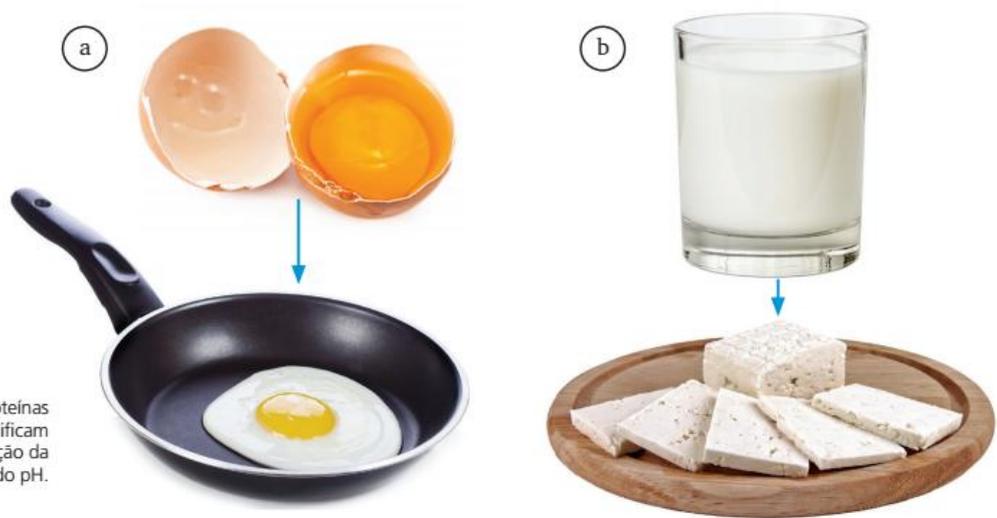


Figura 10. Desnaturadas, as proteínas (a) da clara do ovo e (b) do leite modificam sua consistência; a primeira pela elevação da temperatura e a última pela diminuição do pH.

Ovo: mareanmare/Shutterstock.com; Frigideira: Nitr/Shutterstock.com; Leite: Andrey_Kuzmin/Shutterstock.com; Queijo: Gregory Gerber/Shutterstock.com

Funções das proteínas

As proteínas são muito versáteis e desempenham múltiplas funções (**tabela 1**), que serão estudadas oportunamente.

Tabela 1. Classificação das proteínas quanto à função	
Função	Exemplos
Catalisadora (enzimas)	Tripsina, amilase
Estrutural	Colágeno, queratina
De reserva	Albumina, caseína
Transportadora	Hemoglobina, mioglobina
Contrátil	Actina, miosina
Protetora	Anticorpos, fibrinogênio
Hormonal	Insulina, prolactina
Receptora	Proteínas da membrana plasmática



Peça aos alunos que identifiquem os possíveis benefícios adaptativos da queratina, componente do casco do quelônio, representado na tirinha.

Por que não seguir dietas sem glúten e lactose

Cortar alimentos com essas substâncias restringe ingestão de nutrientes importantes e não garante a desejada boa forma

Fernando Gonsales



As dietas do momento excluem glúten e lactose da alimentação como se fossem eles os vilões por trás do acúmulo de gordura. Ledo engano, dizem nutricionistas. Adotar as “novas” regras compromete a ingestão de nutrientes importantes para o funcionamento do corpo, além de ser a receita para obter emagrecimento efêmero.

“Como é complicado mudar hábitos, as dietas da moda emplacam porque prometem resultados em curto prazo. A novidade é um estímulo para quem quer perder peso, especialmente quando divulgada na mídia por alguma atriz famosa”, observa Andrea Bottoni, nutrologista do Hospital e Maternidade São Luiz.

A promessa não é vazia, mas Bottoni desmistifica o segredo do suposto suces-

so: eliminar da dieta alimentos com glúten restringe o consumo de carboidratos e, conseqüentemente, de calorias. [...].

Outro problema é privar o corpo de absorver cálcio ao evitar produtos lácteos. Leite e seus derivados são as maiores fontes do metal, essencial para transmitir impulsos nervosos e formar os ossos. Bottoni é categórico: se a pessoa não tem intolerância a lactose, não há a menor necessidade de eliminá-la da dieta. “Quando a finalidade é diminuir ingestão de gordura, existe o leite semidesnatado e o desnatado, que mantêm proteínas e cálcio, mas zeram o aporte de gordura. E a pessoa pode cortar queijo, manteiga, creme de leite”, sugere.

Quanto ao glúten, ele não é nada além de uma proteína complexa [na verdade, trata-se da associação entre duas proteínas: a gliadina e a glutenina¹] encontrada no trigo, na aveia, no centeio, na cevada e no malte. Ou seja, não é responsável, em si, pelo acúmulo de gordura. Os portadores da rara doença celíaca [cerca de 0,5% a 1,0% da população²] são os que devem evitar estes alimentos.

Bruno Halpern, endocrinologista responsável pelo Centro de Controle de Peso do Hospital 9 de Julho, explica que o corpo dos celíacos reconhece os aminoácidos do glúten como agressores e inicia uma reação inflamatória para combater o invasor. “A conclusão de tudo isso é: você não deve tirar [do cardápio] nem o glúten, nem a lactose, a não ser que tenha intolerância ou a doença celíaca. Porque você tá restringindo fontes de nutrientes que só tem nesses alimentos com glúten e lactose”, pontua.

BRAZ, M. P. Por que não seguir dietas sem glúten e lactose. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 4 out. 2014. Disponível em: <<http://vida-estilo.estadao.com.br/noticias/bem-estar,por-que-nao-seguir-dietas-sem-gluten-e-lactose,1569934>>. Acesso em: maio 2016.

^{1,2} Nota nossa.

Atividades

Escreva no caderno

1. Por que a retirada do glúten da dieta pode provocar, como efeito indireto, a redução da massa corporal? Quais pessoas devem, de fato, evitar especificamente o glúten?
2. De acordo com a notícia, quais são os riscos das dietas de restrição de lactose? Pesquise e cite os casos em que a lactose deve ser evitada.

Enzimas: estrutura e ação

Proteínas que agem como catalisadores são denominadas **enzimas**, cuja produção, como a de todas as proteínas, está subordinada ao comando do material genético. Ao determinar a produção das enzimas e, conseqüentemente, a ocorrência das reações químicas que catalisam, o material genético controla o metabolismo. Os estudos sobre enzimas começaram no século XVIII, com o naturalista e físico francês René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757) e, mais tarde, com o fisiologista italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799), ao analisarem a ação dos sucos gástricos sobre a carne.

Catalisador é um composto que aumenta a velocidade de uma reação química, sem ser consumido durante o processo.

Posteriormente, verificou-se que, sobre um fermento, a água oxigenada (H₂O₂) parece ferver. As bolhas de gás são o produto de uma interação entre a água oxigenada e a catalase, enzima existente no sangue, que aumenta a velocidade da decomposição da água oxigenada em água e oxigênio gasoso, que é liberado (figura 11).



Para agirem, certas enzimas precisam se associar a um cofator, que pode ser um íon inorgânico (ferro, cálcio, magnésio ou outros) ou uma molécula orgânica não proteica, chamada **coenzima**.

Um exemplo de coenzima é a biotina, uma das vitaminas do complexo B.

Geralmente, o nome das enzimas termina com o sufixo *ase* e pode indicar o tipo de reação catalisada. Essa é a nomenclatura aconselhada pelos bioquímicos. Vejamos alguns exemplos: transaminases (transferem o grupo amina de um tipo de aminoácido para outro ou para moléculas orgânicas diferentes); desidrogenases (retiram átomos de hidrogênio dos substratos); hidrolases (fracionam moléculas orgânicas com a adição de moléculas de água). O nome pode ainda indicar o substrato sobre o qual a enzima atua. Exemplos: amilase (hidrolisa o amido); lactase (hidrolisa a lactose); lipase (hidrolisa os lipídios). Finalmente, há enzimas cujos nomes clássicos não seguem esses dois princípios. É o caso da ptialina, da catalase, da tripsina, da pepsina e outras.

Figura 11. Reação de decomposição da água oxigenada em água e gás oxigênio, catalisada pela enzima catalase, presente no sangue e em outros tecidos.

► Enzimas e ação catalítica

Para que determinadas reações químicas aconteçam, é necessário fornecer certa quantidade de energia (energia de ativação) (figuras 12 e 13).

Figura 12. Reação química em que é necessária uma energia inicial para ativar os reagentes e gerar o produto.

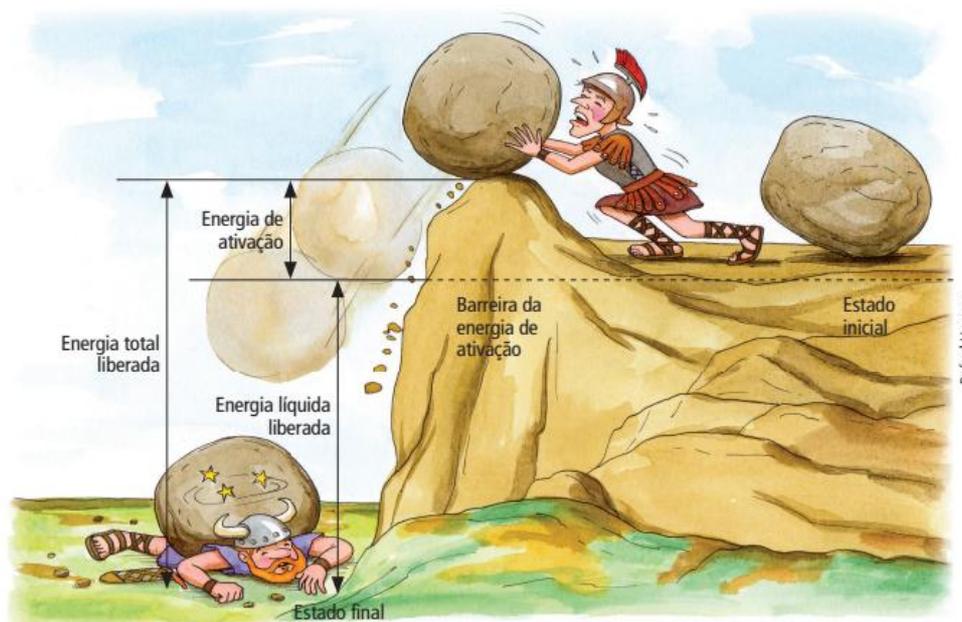


Figura 13. Para fazer a pedra rolar e atingir seu adversário, o guerreiro deve, inicialmente, colocá-la no alto da colina. Para isso, ele gasta energia (energia de ativação). Vencida a barreira inicial, a pedra rola por ação da gravidade, sem gasto adicional de energia.

As enzimas (que são catalisadores biológicos) diminuem a energia de ativação necessária para que as substâncias reagentes atinjam o estado ativado e as reações ocorram com maior velocidade.

Pela análise da **figura 14**, concluímos que:

- 1ª) o catalisador não modifica o nível de energia dos reagentes nem do produto;
- 2ª) na presença do catalisador, a energia de ativação é menor.

As enzimas oferecem aos reagentes (substratos) um sítio tridimensional chamado **centro ativo** (ou sítio ativo), onde eles se encaixam de modo preciso e específico, atingindo mais facilmente o estado ativado.

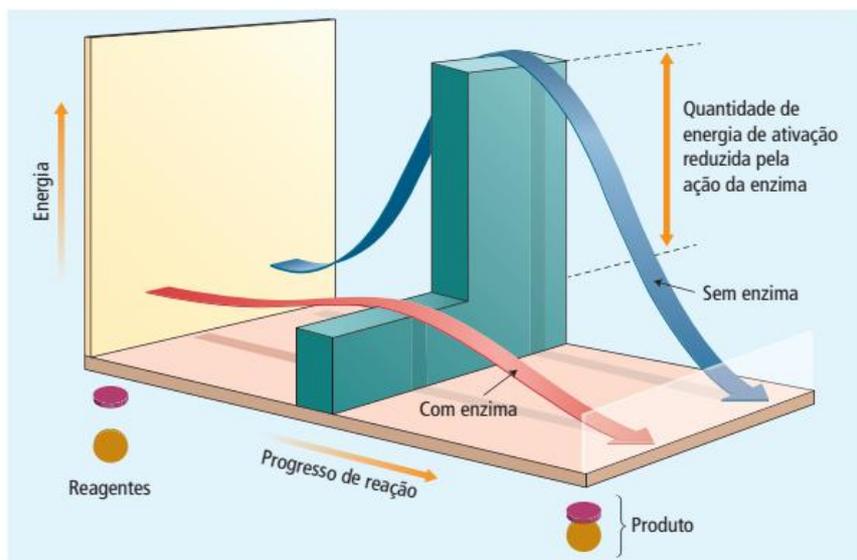


Figura 14. A energia de ativação é aquela necessária para que ocorra uma reação química. Na presença do catalisador (enzima), essa energia é menor.

A ligação dos substratos em uma enzima assemelha-se ao encaixe entre uma chave e uma fechadura com formas complementares; por isso, esse modelo é conhecido por **chave-fechadura**. A ligação da enzima aos seus substratos geralmente apresenta elevada especificidade (**figura 15**). A enzima sacarase, por exemplo, hidrolisa apenas a sacarose, mas não a lactose ou outras substâncias.

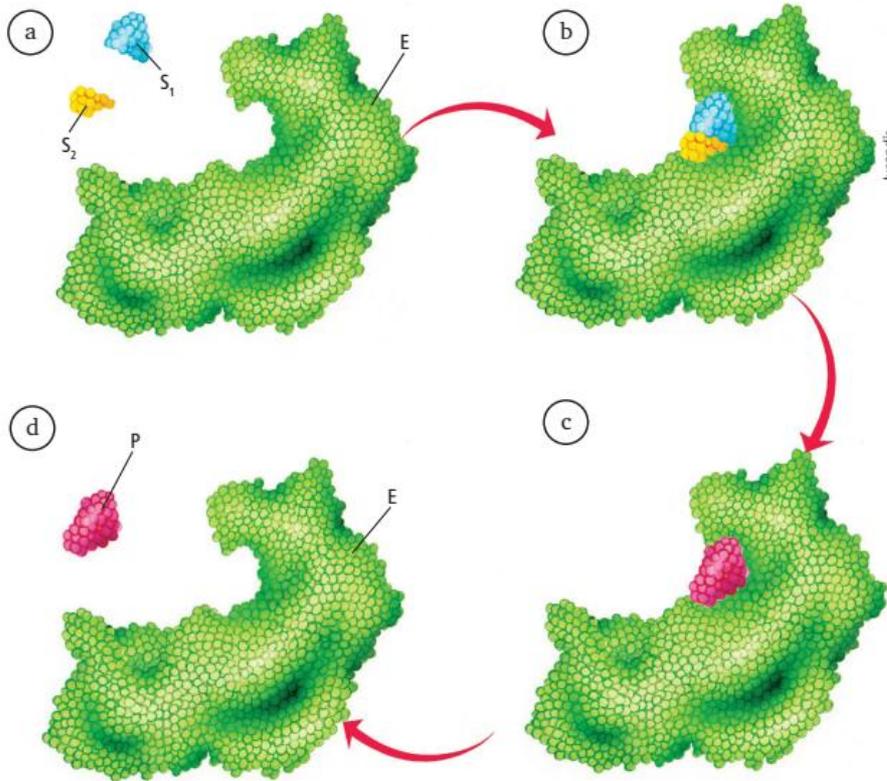


Figura 15. (a) Os substratos (S_1 e S_2) encaixam-se no centro ativo da enzima (E), (b) formando um complexo enzima-substrato. (c) Os substratos reagem, e surge o produto (P) da reação. (d) O produto desprende-se da enzima, que se torna disponível para catalisar nova reação. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Fatores que modificam a ação enzimática

Alterações da forma de uma enzima (desnaturação) podem inativá-la porque deformam o centro ativo, impedindo o encaixe dos substratos. Os principais fatores que alteram a velocidade das reações enzimáticas são: concentração do substrato, temperatura e pH.

- **Concentração do substrato.** Se a concentração da enzima for mantida constante, à medida que se eleva a concentração do substrato, aumenta a velocidade da reação, até que se atinge um ponto a partir do qual novos aumentos da concentração do substrato não elevam significativamente a velocidade da reação. A velocidade máxima é alcançada quando todas as moléculas da enzima estão em atividade, ligadas ao substrato (**figura 16**).

O aumento da velocidade da reação química decorrente do aumento da concentração do substrato está relacionado com a maior probabilidade de que ocorram choques entre as moléculas.

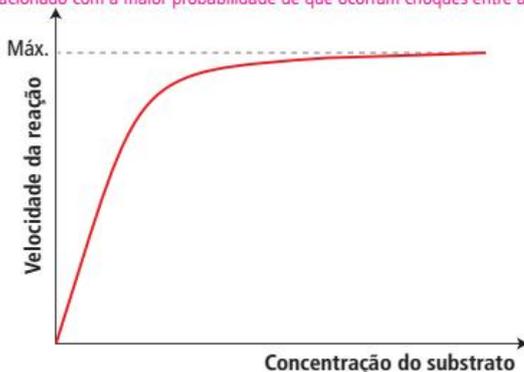


Figura 16. Gráfico da velocidade da reação em função da concentração do substrato.

- **Temperatura.** A velocidade das reações químicas aumenta com a elevação da temperatura. Na maioria dos organismos, todavia, a velocidade das reações catalisadas por enzimas diminui quando a temperatura passa de 35 °C ou 40 °C, porque temperaturas elevadas alteram a conformação espacial das moléculas das enzimas, prejudicando sua ação. Existe, portanto, uma **temperatura ótima** em que a atividade enzimática é máxima (**figura 17**).

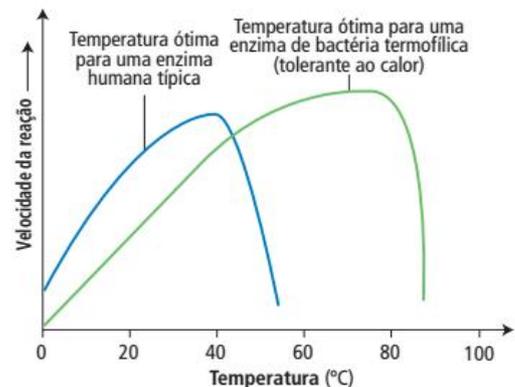


Figura 17. Variação da velocidade de reação de uma enzima humana e de uma enzima de bactéria termofílica, em função da temperatura.

Fonte dos gráficos: SADAVA, D. et al. *Life, the science of biology*. Sunderland: Sinauer Associates/W. H. Freeman and Company, 2014.

Gráficos: Editora de arte

A temperatura ótima varia de uma espécie para outra (**tabela 2**).

Tabela 2. Temperatura ótima de ação enzimática em algumas espécies	
Ser humano	36,7 °C
Rato	39,0 °C
Vaca	39,0 °C
Coruja	41,0 °C
Galinha	42,5 °C

Fonte: VILLELA, G. G. et al. *Bioquímica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1978.



Axel Bueckert/Shutterstock.com

Figura 18. Nos mamíferos, as extremidades (focinho, orelhas, membros e cauda) são mais frias. No gato siamês, a enzima responsável pela produção de pigmento é muito sensível à temperatura e só age nesses locais. Em outras partes do corpo, a temperatura mais elevada bloqueia seu funcionamento, e o pigmento não é sintetizado, explicando a pelagem mais clara.

Uma das maneiras de enfatizar o fenômeno da redução da atividade enzimática em situações de resfriamento é destacar a diferença da velocidade de deterioração de certos alimentos, quando guardados sob temperatura ambiente ou sob refrigeração.

Nas plantas, a faixa ideal de temperatura para a maioria das enzimas está entre 50 °C e 60 °C. Essa temperatura é alcançada pela intensa exposição à radiação solar. Durante a noite, com o declínio da temperatura e a ausência de Sol, a atividade metabólica diminui, pela queda na atividade das enzimas.

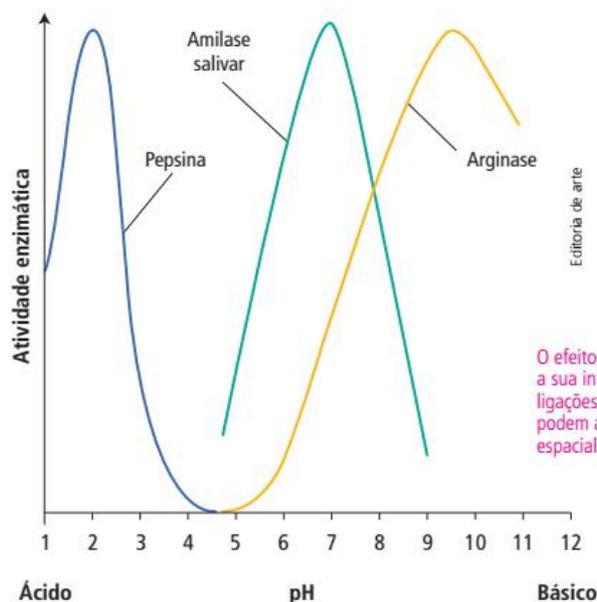
Bactérias termofílicas, encontradas em fontes termais, são tolerantes a elevadas temperaturas e contêm enzimas que permanecem estáveis a 70 °C ou mais. Nas águas do Parque Nacional de Yellowstone (EUA), foram encontradas bactérias termofílicas vivendo na água a 92 °C, quase em ebulição.

Algumas enzimas têm ação diferente nas várias partes do corpo de um animal. Nos gatos siameses, por exemplo, a enzima que participa da produção do pigmento escuro dos pelos é inativada pela temperatura normal do corpo do animal, só agindo nas extremidades, em que a temperatura é menor (**figura 18**).

A atividade enzimática diminui com a queda da temperatura e pode até ser interrompida, sem que haja desnaturação. A atividade catalítica reaparece, porém, quando a temperatura retorna a valores adequados. O resfriamento reduz a atividade enzimática dos tecidos e de microrganismos; por isso, retarda a deterioração de amostras de sangue, de outros tecidos, de urina etc. e conserva órgãos para transplantes, espermatozoides e embriões.

- **pH.** Cada enzima tem um **pH ótimo**, em que sua atividade é máxima. Em pH acima ou abaixo desse valor, a atividade diminui porque a enzima se desnatura, ou seja, altera-se a estrutura tridimensional.

O pH ótimo da amilase salivar (enzima da saliva que inicia a hidrólise do amido na boca, resultando em moléculas de maltose) é 7,0; o da pepsina (enzima que age no estômago, hidrolisando proteínas) é 2,0; e o da arginase (enzima que age no ciclo da ureia, hidrolisando polipeptídios) é 9,5 (**figura 19**).



O efeito do pH está relacionado a sua interferência sobre as ligações de hidrogênio, que podem alterar a conformação espacial da enzima.

Figura 19. Variação da atividade enzimática de acordo com a variação do pH para três enzimas: pepsina, amilase salivar e arginase.

Fonte: SADAVA, D. et al. *Life, the science of biology*. Sunderland: Sinauer Associates/W. H. Freeman and Company, 2014.

Atividade prática

Ação enzimática

A catalase é uma enzima estocada nos peroxissomos de todas as células eucarióticas, de animais e plantas, que degrada o peróxido de hidrogênio (ou água oxigenada, H_2O_2) em $H_2O + O_2$. A ação dessa enzima é extremamente rápida e sua concentração nos peroxissomos do fígado de mamíferos é alta.

Objetivo

- Observar a ação enzimática da catalase.

Materiais

- 4 tubos de ensaio
- estante para tubos de ensaio
- água oxigenada
- água filtrada
- faca sem ponta
- pinça
- placas de petri (ou pratos plásticos pequenos descartáveis)
- pedaços pequenos de batata crua
- pedaços pequenos de fígado bovino cru



Procedimentos

Organize-se em grupos de dois a quatro alunos. Cada grupo deverá realizar os procedimentos de 1 a 4, registrando suas observações no caderno.

1. Identifique os tubos de ensaio (A, B, C e D) e coloque-os na estante. Coloque os pedaços de fígado bovino e de batata nas placas de petri e corte-os em pedaços.

Uma ampliação desta prática pode envolver o cozimento prévio dos pedaços de fígado e de batata (permitindo demonstrar o efeito das variações de temperatura) ou o acréscimo de ácido acético (vinagre) em amostras não cozidas (permitindo demonstrar o efeito do pH).

2. Dentro de cada tubo coloque os seguintes materiais: em (A): pedaços pequenos de fígado bovino fresco; em (B) pedaços pequenos de batata crua; em (C) pedaços pequenos de fígado bovino fresco e em (D) pedaços pequenos de batata crua. Coloque preferencialmente quantidades similares nos quatro tubos, preenchendo menos da metade de cada um.
3. Posicione os quatro tubos de ensaio na estante/suporte e adicione aos frascos (A) e (B) a água filtrada, em quantidade suficiente para cobrir toda a amostra.
4. Em seguida, adicione aos frascos (C) e (D) a água oxigenada em quantidade suficiente para cobrir toda a amostra. Observe o que acontece em cada um dos tubos de ensaio. Após a observação dos resultados providencie a correta destinação dos materiais utilizados. Mantenha organizado e limpo o espaço em que trabalhou e cuide para que os equipamentos sejam corretamente desligados.

Resultados e discussão

Escreva no caderno

- a) Registre no caderno os resultados observados para cada um dos tubos de ensaio.
- b) Em qual(is) frasco(s) observou-se ocorrência da ação enzimática? Explique.
- c) Interprete os resultados obtidos levando em consideração a produção de catalase nos materiais testados.

Vitaminas

Em 1519, comandada pelo português Fernão de Magalhães, uma esquadra espanhola partiu para a primeira circum-navegação do globo, empreitada que durou quase três anos. Da tripulação inicial de mais de 230 homens, apenas 18 sobreviveram e retornaram ao porto de partida; entre eles não estava Magalhães, morto em combate um ano antes. A fome, a sede e as batalhas mataram quase toda a tripulação, que também perdeu muitas vidas para o **escorbuto**, doença comum entre os marinheiros da época.

Durante as longas viagens marítimas, entre os séculos XIV e XVIII, os marinheiros não se alimentavam de frutas nem de verduras, alimentos perecíveis; eles basicamente comiam carne-seca, grãos e farinha, o que representava uma dieta carente de vitamina C. Era comum, então, manifestarem o escorbuto, que, por essa razão, é conhecido como “doença dos marujos”.

Estima-se que mais de 1 milhão de marinheiros tenham morrido da doença nesse período. No final do século XVIII, porém, o escorbuto passou a ser evitado com a oferta de laranjas e limões às tripulações. Foi uma das primeiras doenças associadas a uma carência alimentar específica — no caso, de vitamina C — e prevenida com dieta adequada.

Atualmente sabemos que as vitaminas são substâncias orgânicas cuja presença na dieta é indispensável para o metabolismo. Necessárias em doses pequenas, são essenciais a muitos processos, nos quais geralmente atuam como coenzimas.

A vitamina C é termolábil, inativando-se com o cozimento dos alimentos; também não resiste muito tempo ao contato com o ar, pois se oxida.

As vitaminas do complexo B e a vitamina C são hidrossolúveis (solúveis em água) e, por isso, facilmente excretadas pela urina. As vitaminas A, D, E e K são lipossolúveis (solúveis em gorduras). Em quantidade elevada, as vitaminas hidrossolúveis geralmente não trazem efeitos adversos; já as lipossolúveis podem trazer problemas, pois, como sua excreção é lenta, têm efeito cumulativo.

Os precursores da vitamina D são ativados na pele dos mamíferos pela radiação ultravioleta. A deficiência de vitamina D leva ao raquitismo, doença que afeta os ossos e que pode aparecer em crianças que não se expõem à radiação solar.



Figura 20. Em alguns povos, as mulheres cobrem quase totalmente o corpo, reduzindo a exposição à luz solar e aumentando o risco de desenvolver distúrbios ósseos.

No esquema da **figura 21**, veja a classificação das principais vitaminas, suas funções e os distúrbios causados pela deficiência delas.

	VITAMINA	FONTES	FUNÇÕES	DISTÚRBIOS POR DEFICIÊNCIA
HIDROSSOLÚVEIS	B1 (tiamina)	Carnes, fígado, cereais integrais, leguminosas	Coenzima da respiração celular	Beribéri (deficiência cardíaca, neurite e disfunção do sistema nervoso)
	B2 (riboflavina)	Amplamente distribuída na dieta	Participa do metabolismo energético	Lesões de pele
	B3 (niacina)	Fígado, carnes, cereais integrais, leguminosas	Participa do metabolismo energético	Pelagra (diarreia crônica, dermatite e alterações neurológicas)
	B5 (ácido pantotênico)	Amplamente distribuído na dieta	Compõe a coenzima A, que atua no metabolismo energético	Fadiga, distúrbios do sono e incoordenação motora
	B6 (piridoxina)	Carnes, cereais integrais, fígado	Coenzima do metabolismo dos aminoácidos	Alterações neurológicas, dermatite e fraqueza muscular
	B9 (ácido fólico)	Folhas verdes, cereais integrais, fígado, leguminosas	Coenzima do metabolismo dos ácidos nucleicos e dos aminoácidos	Anemia e distúrbios gastrointestinais
	B12 (cianocobalamina)	Fígado, ovos, carnes, leite e derivados	Coenzima do metabolismo dos ácidos nucleicos e da divisão celular	Anemia perniciosa e alterações neurológicas
	Biotina	Verduras, leguminosas, carnes	Coenzima do metabolismo de aminoácidos e lipídios	Fadiga, depressão, náusea, dermatite e dor muscular
	C (ácido ascórbico)	Frutas cítricas, acerola, kiwi, tomate, folhas verdes	Importante para a manutenção da matriz intercelular	Escorbuto (lesões da pele, sangramento nasal e gengival, lesões nas articulações)
LIPOSSOLÚVEIS	A (retinol)	Ovos, leite e derivados, vegetais amarelos e vermelhos	Compõe pigmentos visuais, mantém a integridade dos epitélios	Cegueira noturna, espessamento da córnea, ressecamento da pele, mucosa e olhos
	D (calciferol)	Ovos, leite e derivados	Atua na mineralização dos ossos, facilita a absorção do cálcio dos alimentos	Raquitismo (descalcificação e deformidades ósseas)
	E (tocoferol)	Sementes oleaginosas, folhas verdes e óleos vegetais	Antioxidante, previne lesões das membranas celulares	Esterilidade e aborto
	K (naftoquinona)	Folhas verdes, cereais e fígado; sintetizada pela microbiota intestinal	Produção de fatores da coagulação pelo fígado	Sangramentos

Alex Argozino

A vitamina D vem sendo considerada um hormônio.

Figura 21. Classificação das principais vitaminas, suas funções e os distúrbios causados pela deficiência delas.

▶ Medicamentos à base de vitaminas: necessidade ou marketing?

Sendo as vitaminas tão importantes, devemos ingeri-las em excesso, numa tentativa de estocá-las no organismo? A resposta é não, pois tanto a falta quanto o excesso de vitaminas provocam danos ao organismo.

A lei n. 9.965/00 (27 de abril de 2000) regulamenta a venda de anabolizantes, que só pode ocorrer com receita médica retida.

Vitaminas, aminoácidos e outros nutrientes na forma de suplementos alimentares são vendidos em farmácias e academias (sem mencionar os esteroides anabolizantes, cuja venda é regulamentada). O consumo sem indicação médica, entretanto, pode ser perigoso à saúde, pois hipervitaminoses muitas vezes trazem mais problemas que as carências vitamínicas, e o excesso de aminoácidos pode causar danos renais graves. De forma geral, não há nada melhor que uma refeição balanceada.

A ingestão de vitaminas em excesso pode ser muito perigosa. Doses altas de vitamina A causam hipervitaminose A, cujas manifestações, em crianças, são choro, irritabilidade, dor nos ossos, pele seca e convulsões, que podem levar à morte. Em adultos, as manifestações são dor de cabeça, irritabilidade, náusea, diarreia e fragilidade óssea.

Se a fonte de vitamina A na dieta for o betacaroteno (precursor encontrado na cenoura, no mamão e em outros vegetais), as manifestações de hipervitaminose raramente aparecerão. Habitualmente, a hiper-carotenemia provoca alteração da cor da pele, tornando-a amarelo-alaranjada.

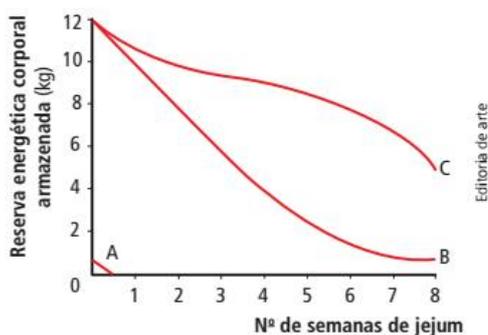
A hipervitaminose D provoca descalcificação óssea, aumento do nível de cálcio no sangue e sua deposição em músculos, no fígado e em vasos sanguíneos. Diarreia, vômitos, cálculos renais, fraqueza e perda de peso também podem surgir. As manifestações de intoxicação por vitamina K são graves em recém-nascidos, podendo acarretar lesões no sistema nervoso.

Devemos confiar, portanto, que as vitaminas estão presentes em quantidades satisfatórias em uma dieta saudável. O uso de complementos deve sempre ser indicado por um médico.

1. As proteínas (polímeros de aminoácidos) são macromoléculas com grande diversidade estrutural e múltiplas funções biológicas. A sequência dos aminoácidos componentes, bem como as ligações de hidrogênio e outros tipos de interações moleculares, determinam a estrutura de uma proteína. Diversos fatores podem alterar a estrutura das proteínas e, por consequência, suas funções.

Sobre as proteínas, responda:

- Descreva sucintamente a importância das proteínas para os seres vivos.
 - Comente a veracidade da seguinte afirmação: “Duas proteínas formadas pelos mesmos aminoácidos podem ser proteínas diferentes”.
 - Em que consiste a desnaturação das proteínas? Que fatores podem provocá-la?
 - Qual é a diferença entre a modificação estrutural observada na hemoglobina associada à doença falciforme e a que ocorre por desnaturação (como a albumina da clara do ovo cozido)?
2. (UERJ) Embora as células do corpo usem energia continuamente, a maioria dos animais não come continuamente. Portanto, devem armazenar moléculas energéticas que possam ser consumidas de acordo com as suas necessidades. O gráfico abaixo mostra, numa situação de jejum completo, a utilização, pelo organismo humano, de proteínas, lipídios e carboidratos.



(Adaptado de PURVES, W. K. et al. *Life, the science of Biology*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 1997.)

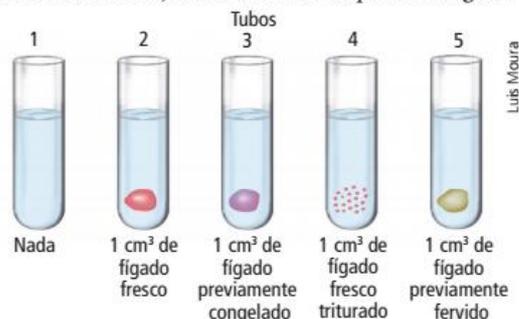
Identifique as curvas que representam a utilização de cada um desses tipos de alimento. Justifique suas respostas.

- Alguns venenos biológicos são proteínas, como a crotamina (presente na peçonha das cascavéis) e a toxina botulínica (contaminante de alimentos em conserva, produzida por bactérias da espécie *Clostridium botulinum*), que é tóxica para o sistema nervoso humano e pode causar parada respiratória. Certas proteínas vegetais, como a ricina, da mamona, também são venenos para os animais.
 - Elabore uma hipótese que explique as possíveis vantagens adaptativas do surgimento dessas substâncias na evolução de animais e vegetais.
 - Um pesquisador coletou duas amostras de crotamina. Uma foi mantida na temperatura ambiente; a outra, aquecida a 90 °C por 20 minutos. A seguir, as duas amostras foram inoculadas em camundongos. Qual deve ser o resultado do experimento? Por quê?
- As enzimas são proteínas de grande importância para o funcionamento dos sistemas biológicos, promovendo a ocorrência de reações metabólicas.
 - Explique o modelo de encaixe da enzima ao substrato.
 - Comente os principais fatores que podem alterar a velocidade das reações enzimáticas.

5. Para investigar os efeitos da concentração do substrato (lactose) sobre a velocidade de atuação de uma enzima (lactase), um pesquisador colocou soluções com diferentes concentrações de lactose em seis tubos de ensaio, mantidos a 37 °C por 2 horas. Após esse período, observou que em cada tubo a velocidade de degradação da lactose foi diferente, conforme mostra a tabela a seguir:

Tubo	Concentração de lactose (g/L)	Consumo de lactose (mg/min)
1	1	10
2	2	16
3	4	25
4	8	33
5	16	40
6	32	44

- Utilizando os dados da tabela, construa, no seu caderno, um gráfico que correlacione concentração de substrato (lactose) e ação enzimática (avaliada pela taxa de consumo de lactose).
 - O que você esperaria se, no experimento, fosse incluído um sétimo tubo com solução de lactose na concentração de 64 g/L? Justifique.
6. (UFMG) Em cinco tubos de ensaio foram colocados 5 mL de H₂O₂ (água oxigenada), à qual foram ou não acrescentados outros materiais, como mostra o esquema a seguir:



As células do fígado contêm grandes quantidades de catalase, uma enzima que degrada a água oxigenada e forma água (H₂O) e gás oxigênio (O₂).

O que você espera que ocorra em cada um dos cinco tubos de ensaio? Justifique suas respostas.

- (Fuvest-SP) Descreva um experimento para determinar o pH ótimo de ação de uma protease na digestão da clara do ovo e indique um teste que permita verificar a ocorrência da digestão.
- Em 1602, uma frota de navios espanhóis navegava pela costa pacífica mexicana quando os tripulantes adoeceram mortalmente. “O primeiro sintoma é dor no corpo inteiro, que fica sensível ao toque”, escreveu o padre Antonio de la Ascensión, membro da expedição. “Surgem manchas roxas por todo o corpo, especialmente da cintura para baixo. Em seguida, as gengivas incham tanto que se torna impossível cerrar os dentes, e [as pessoas] só conseguem beber líquido. Finalmente, todas morrem repentinamente, ainda falando.” [...] Então o padre Ascensión testemunhou o que pensou ser um milagre. Quando os tripulantes foram para a terra sepultar os mortos, um marinheiro colheu um fruto de cacto para comer. Sentiu-se melhor. “Todos começaram a comer os frutos e os levaram a bordo dos navios, de modo que, após duas semanas, estavam curados”, escreveu o padre. [...]

ZIMMER, C. Ancestrais do homem tinham organismos que produziam mais vitaminas. *Folha de S.Paulo*, 21 jan. 2014. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/eqilibrioesaude/2014/01/1399773-ancestrais-do-homem-tinham-organismos-que-produziam-mais-vitaminas.shtml>>. Acesso em: abr. 2016.

 - A qual “doença misteriosa” o artigo faz referência? Qual é a causa dessa doença?
 - Como se explica a “cura milagrosa” descrita pelo padre Ascensión?

A participação do professor de Geografia pode enriquecer esta discussão, mostrando a importância do agronegócio no Brasil e o papel das indústrias transnacionais no comércio, na pesquisa e no desenvolvimento de produtos destinados ao setor.

Muito além de um detalhe bioquímico

“O teor de aminoácidos essenciais dos vegetais cultivados no mundo não é um mero detalhe bioquímico, mas questão de vida ou morte para milhões de pessoas.”

William A. Jensen¹



Bloomberg/Getty Images

Oscar Cabral/Abril Comunicações S/A

Colheita de soja em Tangará da Serra, MT (2012). No detalhe, Johanna Döbereiner em 1988.

É possível iniciar a discussão sobre o uso de produtos derivados de organismos geneticamente modificados (OGM), que em certos casos buscam melhorar aspectos nutricionais das plantas cultivadas.

Havendo tempo e disponibilidade, a discussão pode ser expandida e envolver potenciais riscos à saúde e impactos ambientais associados aos OGMs.

Uma busca rápida no portal do Prêmio Nobel (disponível em: <<http://tub.im/25z98a>>; acesso em: abr. 2016) permite verificar a desproporção entre homens e mulheres laureados. Como os alunos explicam essa discrepância? Como ela vem se comportando nas últimas décadas?

Como vimos nesse capítulo, bactérias localizadas em nódulos nas raízes das leguminosas (como a soja) capturam o nitrogênio gasoso (N_2) presente na atmosfera e incorporam átomos de nitrogênio em íons (geralmente como nitratos), que podem ser assimilados pelo vegetal. No interior das células das plantas, os nitratos convertem-se em amônia (NH_3), que pode se ligar a moléculas orgânicas formadas a partir da glicose, originando aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados. Esse processo, chamado **fixação biológica**, é o mais importante meio de incorporação do nitrogênio à biosfera.

Pela fixação biológica, quase 260 milhões de toneladas de nitrogênio são absorvidas da atmosfera e incorporadas ao solo por ano, em todo o mundo. Isso equivale ao que seria conseguido com a aplicação de mais de 60 milhões de toneladas de fertilizantes químicos nitrogenados. Além da economia de recursos financeiros, a não utilização dessa enorme quantidade de fertilizantes evita que sejam contaminados os aquíferos e os cursos de água.

Muito do que se sabe hoje sobre a fixação biológica e outros aspectos bioquímicos e microbiológicos do ciclo do nitrogênio deve-se aos trabalhos de Johanna Döbereiner (1924-2000), uma das pesquisadoras brasileiras mais citadas na bibliografia científica mundial. Nascida na antiga Tchecoslováquia (atual República Tcheca), Döbereiner naturalizou-se brasileira e foi indicada ao prêmio Nobel por suas descobertas.

Uma geografia da fome ou da abundância

Na safra 2015/2016, a produção brasileira de grãos (principalmente soja e milho) foi estimada em mais de 210 milhões de toneladas, o que coloca o país entre os três maiores produtores mundiais e faz com que a disponibilidade desses produtos e de outros alimentos tradicionalmente consumidos no país seja superior às necessidades de calorias e proteínas da população brasileira.

Como se explica, então, a ocorrência de fome e de desnutrição calórico-proteica no país?

¹ JENSEN, W. A. et al. **Biology**. Belmont: Wadsworth, 1979. p. 275. (Tradução nossa.)

A resposta não está na escassez de alimentos, mas na impossibilidade, por uma parte da população, de adquirir os produtos básicos de sua dieta.

Outro fator que explica a existência de desnutrição no Brasil é a distribuição geográfica da produção de alimentos no país e os tipos de cultura predominantes, voltados à exportação e às camadas mais ricas da população: quase 90% da produção de grãos se concentra nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, enquanto mais de 60% dos desnutridos vivem no Nordeste. Isso significa que em algumas regiões — particularmente Norte e Nordeste — a produção de alimentos não é suficiente para abastecer seus habitantes.

Essa “cartografia da desigualdade” reflete a realidade da agricultura brasileira, voltada mais à geração de excedentes da balança comercial que ao atendimento das necessidades nutricionais da própria população. Soma-se a isso o fato de mais de 60% da produção brasileira de milho e soja ser consumida pela nutrição animal (fornecimento de insumos para bovinos, suínos, aves etc.), e não pela nutrição humana.

A face perversa da desigualdade

Além dos aspectos quantitativos, também a qualidade do que se come pode explicar a ocorrência de distúrbios nutricionais. Um exemplo está na ingestão de proteínas: em relação aos alimentos de origem animal, os de origem vegetal têm menor quantidade e menor diversidade de aminoácidos; por isso, geralmente é necessário ingeri-los em maior quantidade para se obter montante suficiente de aminoácidos essenciais. Para efeito de comparação, uma porção de fígado bovino (150 g) supre as necessidades diárias de todos os aminoácidos essenciais de uma pessoa adulta, enquanto são necessários mais de 2 kg de batata para que as mesmas necessidades sejam satisfeitas.

Na maioria dos países pobres, mais de dois terços das proteínas da dieta provêm de cereais, que em geral são muito pobres em lisina, um aminoácido essencial. Por isso, ainda que uma pessoa receba por dia quantidade suficiente de proteínas, pode desenvolver desnutrição proteica pela falta desses aminoácidos essenciais.

A desnutrição calórico-proteica com predomínio de deficiência proteica (chamada kwashiorkor) tem sérias repercussões no desenvolvimento, provocando retardo físico e intelectual. Crianças com esse distúrbio nutricional têm anemia, fraqueza, lesões de pele e descoloração dos cabelos. São vítimas frequentes de infecções, como sarampo e pneumonia, que agravam ainda mais o quadro nutricional e podem levar à morte.

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

Escreva
no caderno

1.



Explique o sentido de humor da tirinha, considerando seus conhecimentos a respeito da composição das proteínas.

2. Pesquise e traga para discussão em classe os benefícios do emprego de fertilizantes nitrogenados (como a ureia e os nitratos) nas lavouras mais comuns na região em que você mora, bem como os potenciais prejuízos ambientais decorrentes do uso inadequado desses produtos.

1. (UERJ) Quando nos referimos a um ecossistema, é frequente a utilização do termo "ciclo" em relação à matéria e do termo "fluxo" em relação à energia, caracterizando dois processos distintos. A energia de um ecossistema flui através das cadeias alimentares e, portanto, precisa ser reintroduzida. O processo por meio do qual há reintrodução da energia no ecossistema é:

- a) fermentação alcoólica.
- b) fermentação láctica.
- c) fotossíntese.**
- d) respiração.

2. (UEM-PR) No início de sua existência, a Terra era um planeta bem diferente do atual. Com o aparecimento dos seres vivos, há cerca de 3,5 bilhões de anos, uma nova entidade passou a fazer parte da constituição de nosso planeta. Além da litosfera, da hidrosfera e da atmosfera, passou a existir a biosfera, representada pelos seres vivos e pelo ambiente em que vivem. Nesse contexto, sobre os fundamentos da ecologia, defina:

- a) hábitat e nicho ecológico.
- b) biocenose e biótopo.

3. Algumas lavouras, como a de mandioca e a de cana-de-açúcar, são cultivadas por meio de mudas: os agricultores cortam os caules dessas plantas em pequenos pedaços, que são enterrados no solo. Cada um deles origina uma nova planta.

- a) Em sua opinião, qual deve ser a principal vantagem desse método?
- b) Que risco ele pode representar no caso do ataque da lavoura por uma determinada praga agrícola?

4. (Unicamp-SP) Sobre uma mesa há dois ratinhos semelhantes em tamanho, forma e cor. Um deles goteja um pouco de líquido, desloca-se em linha reta até cair da mesa e emite um ruído como de engrenagens, que logo cessa. O outro ratinho percorre a mesa em linha sinuosa, vai até a borda e volta. Anda para lá e para cá, parecendo indeciso, como à procura de algo. De repente, dirige-se para um punhado de grãos, dos quais alguns são mordiscados e ingeridos. Em seguida esse ratinho urina e defeca e, depois disso, volta para junto dos seus filhotes, numa caixinha em cima da mesa. Quais as características que você pode usar da descrição acima para dizer que um dos dois ratinhos é um ser vivo?

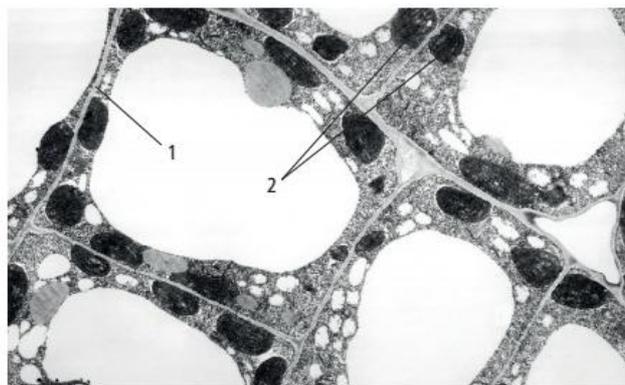
5. (Fuvest-SP)

- a) Quais são as diferenças entre células procarióticas e eucarióticas quanto ao núcleo e ao citoplasma?
- b) Que organismos possuem células procarióticas?

6. Das estruturas a seguir, quais são exclusivas de células vegetais?

- a) Retículo endoplasmático granuloso e ribossomo.
- b) Cloroplasto e parede celular celulósica.**
- c) Mitocôndria e cloroplasto.
- d) Cromatina e complexo golgiense.
- e) Microtúbulos e lisossomos.

7. (Unifesp-SP) A figura apresenta uma imagem microscópica de células eucarióticas.



Science Photo Library

- a) A imagem mostra um conjunto de células animais ou vegetais? Justifique.
- b) Dê o nome das estruturas apontadas em 1 e 2 e explique suas funções.

8. Enquanto o feto dos mamíferos (incluindo os seres humanos) se encontra no útero materno, os pulmões não são preenchidos por ar. Os pequenos sacos aéreos dos pulmões — chamados alvéolos pulmonares — encontram-se ocupados por uma fina camada de líquido.

Os primeiros movimentos respiratórios do recém-nascido, que expandem os pulmões, exigem esforço muscular para distender os alvéolos.

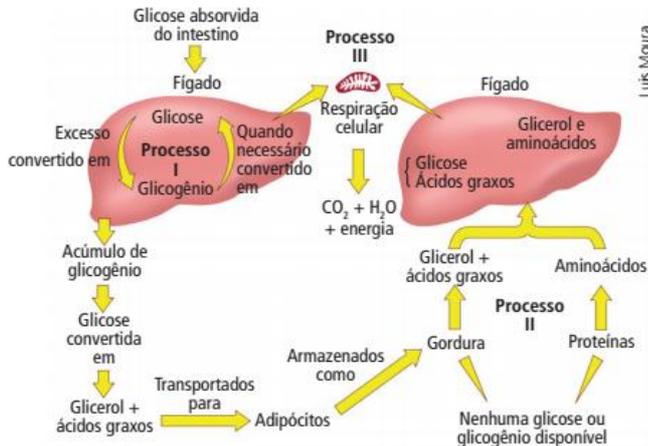
- a) Conhecendo as propriedades físico-químicas da água, explique por que a película de líquido que ocupa os alvéolos dificulta o enchimento dos pulmões com o ar.
- b) Pesquise e procure identificar o principal mecanismo natural que reduz essa resistência, facilitando a expansão pulmonar após o nascimento.

9. (Fuvest-SP) Observando plantas de milho, com folhas amareladas, um estudante de agronomia considerou que essa aparência poderia ser devida à deficiência mineral do solo. Sabendo que a clorofila contém magnésio, ele formulou a seguinte hipótese: "As folhas amareladas aparecem quando há deficiência de sais de magnésio no solo". Qual das alternativas descreve um experimento correto para testar tal hipótese?

- a) Fornecimento de sais de magnésio ao solo em que as plantas estão crescendo e observação dos resultados alguns dias depois.
- b) Fornecimento de uma mistura de diversos sais minerais, inclusive sais de magnésio, ao solo em que as plantas estão crescendo e observação dos resultados dias depois.
- c) Cultivo de um novo lote de plantas, em solo suplementado com uma mistura completa de sais minerais, incluindo sais de magnésio.
- d) Cultivo de novos lotes de plantas, fornecendo à metade deles mistura completa de sais minerais, inclusive sais de magnésio, e à outra metade, apenas sais de magnésio.
- e) Cultivo de novos lotes de plantas, fornecendo à metade deles mistura completa de sais minerais, inclusive sais de magnésio, e à outra metade, uma mistura com os mesmos sais, menos os de magnésio.**

10. (UFMG) A obesidade é um sério problema mundial de saúde pública. Pode ser causada por distúrbios genéticos ou metabólicos (hormonais), ou, ainda, por hábitos alimentares incorretos. No Brasil, pesquisas indicam que 40% da população está acima do peso e 11% dela é considerada obesa.

Observe este esquema:



- a) Considerando as informações desse esquema e outros conhecimentos sobre o assunto, explique como a ingestão de excesso de glicose pode levar à obesidade.
- b) Cite duas substâncias que, presentes nas células do fígado, são fontes de energia.
- c) Com base nas informações do esquema, indique qual (quais) dos processos representados — I, II ou III — desencadeia(m) o emagrecimento. Justifique sua resposta.

11. As larvas de mariposas da espécie *Heliothis virescens*, conhecidas como lagartas-da-maçã, são uma das principais ameaças às lavouras de algodão e de soja no Brasil, e diversas estratégias de controle (por meio de inseticidas ou controle biológico) vêm sendo empregadas.

Em um experimento, um grupo de larvas do gênero *Heliothis* foi alimentado com uma dieta contendo todos os aminoácidos; outros dois grupos receberam dietas quase idênticas, exceto por não conterem um dos aminoácidos, valina ou glicina. Os pesquisadores verificaram que as larvas com dieta completa e as que não receberam glicina cresceram normalmente; todavia, as que receberam dieta deficiente em valina não cresceram. A partir dos relatos apresentados, um estudante tirou as seguintes conclusões:

- I. A valina é um aminoácido essencial para todos os animais.
- II. Para esse gênero de mariposa, a glicina não é um aminoácido essencial.
- III. As larvas empregam a valina como matéria-prima na síntese de glicina.

Determine a validade de cada uma dessas conclusões e justifique suas respostas.

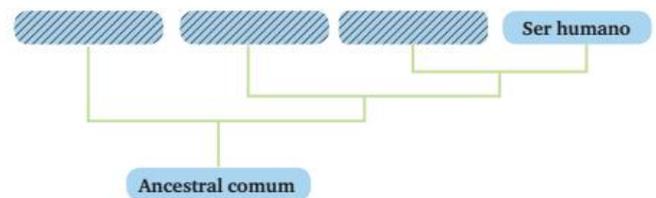
12. Os seres vivos de hoje guardam semelhanças químicas entre si, sugerindo a existência de um tronco primitivo comum na evolução, que se ramificou e deu origem às espécies atuais. Com o tempo, acumularam-se diferenças, inclusive entre as moléculas. A quantidade de divergências deve ser

proporcional ao tempo passado entre o aparecimento das espécies atuais e o ancestral comum. Quanto mais distante no tempo ocorreu a diversificação entre os ramos, mais diferentes são, por exemplo, as proteínas. Um exemplo é a cadeia beta da hemoglobina, como mostra a tabela:

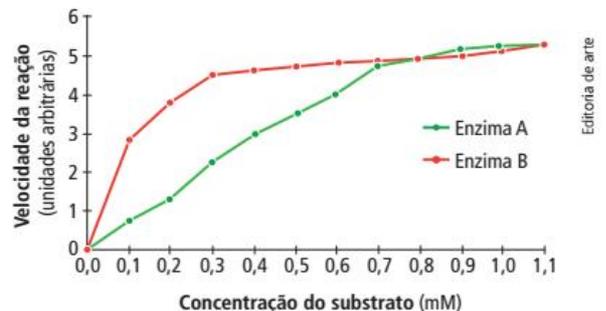
Espécie	Número de aminoácidos diferentes na cadeia beta da hemoglobina, comparado com o da cadeia beta da hemoglobina humana
Chimpanzé	0
Gorila	1
Gibão	2
Camundongo	27
Galinha	45
Rã	67

ORTEN, J. NEUHAUS, O. W. *Human Biochemistry*. Maryland: The C. V. Mosby Company, 1982.

Com base nas informações da tabela acima, copie no seu caderno a “árvore” a seguir e posicione os animais citados de acordo com o grau de parentesco evolutivo entre eles e o ser humano.



13. (Unirio-RJ) A figura abaixo mostra duas curvas, A e B, de reações enzimáticas, representando a velocidade de formação do produto e a concentração do substrato.



Indique qual das duas curvas mostra a enzima que possui maior afinidade por seu substrato. Justifique sua resposta.

14. Associe as vitaminas da coluna da esquerda aos distúrbios causados pela deficiência dessas substâncias, na coluna da direita.

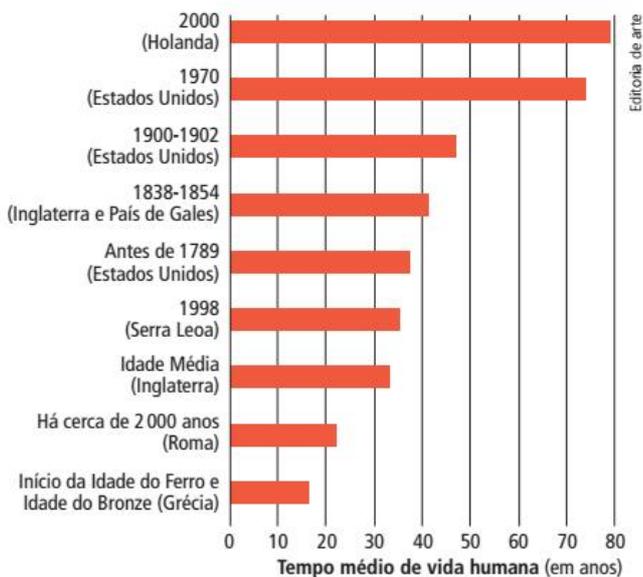
Vitamina	Distúrbio causado por deficiência vitamínica
I. B ₃	(a) Pelagra
II. A	(b) Hemorragias
III. D	(c) Cegueira noturna
IV. K	(d) Raquitismo

Ao longo dos capítulos 1, 2, 3 e 4, foram discutidos aspectos importantes referentes à qualidade de vida, como dieta e alimentação saudável. As questões propostas nessa seção podem retomar as discussões sobre o assunto.

1. Leia o texto e o gráfico a seguir:

Paul Feyerabend sugere que "sem a ciência, o mundo poderia ser muito mais agradável do que é hoje". Não estou certo, todavia, de que isso seja verdade. Poderia haver menos poluição, menos casos de câncer causados por agentes químicos e menos efeitos prejudiciais causados pelos subprodutos da civilização. Entretanto, a humanidade também conviveria com mortalidade infantil mais elevada, expectativa de vida de apenas 35 ou 40 anos, não escaparia do calor infernal dos verões nem das agruras do inverno.

MAYR, E. *This is Biology*. Harvard: Harvard University Press, 1997. (Tradução nossa.)



Fonte: Organização Mundial da Saúde.

Interprete os dados do gráfico acima e, a seguir, procure explicá-los, relacionando-os com as informações que são apresentadas no texto sobre o desenvolvimento da ciência. Se necessário, pesquise em livros e outras fontes de informação.

2. Julius Robert Oppenheimer (1904-1967), físico americano, foi diretor do Laboratório Nacional de Los Alamos (EUA) entre 1943 e 1945, quando ali se desenvolveu a bomba atômica. Em uma entrevista, ele afirmou:

Diante de alguma coisa tecnicamente agradável para se trabalhar, você vai em frente e faz tudo o que precisa fazer, mas só discute a utilidade daquilo depois de ter alcançado sucesso. Foi o que aconteceu com a bomba atômica.

HLIYA, J. A. The Gita of J. Robert Oppenheimer. *Proceedings of The American Philosophical Society*, Philadelphia, v. 144, n. 2, p. 129, jun. 2000. (Tradução nossa.)

Depois de ler o trecho anterior, pode-se afirmar que Oppenheimer:

- a) não participou do projeto de construção da primeira bomba atômica.
- b) se arrependeu de ter participado do projeto que levou à construção da primeira bomba atômica.
- c) não tinha noção exata das consequências do projeto no qual estava engajado.
- d) já suspeitava de que a bomba atômica seria a mais letal arma até então produzida.
- e) estava convicto de que, se os Estados Unidos não produzissem a bomba atômica, em pouco tempo a Alemanha nazista poderia produzi-la.

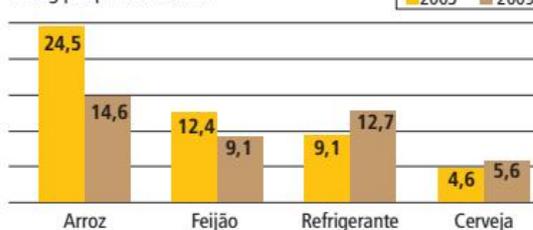
3. Para resolver a questão, leia atentamente os textos que se seguem e analise os gráficos que os acompanham.

Brasileiro troca arroz e feijão por biscoito e bebida

Os brasileiros estão comendo açúcar demais. Em todas as classes sociais, arroz e feijão cedem lugar a comidas processadas, [...] apontaram pesquisas do IBGE. [...]

O QUE MUDOU NO CARRINHO DE COMPRAS

Em kg por pessoa ao ano



Brasileiro troca arroz e feijão por biscoito e bebida. *Folha de S.Paulo*. São Paulo, 17 dez. 2010. Fornecido pela Folhapress.

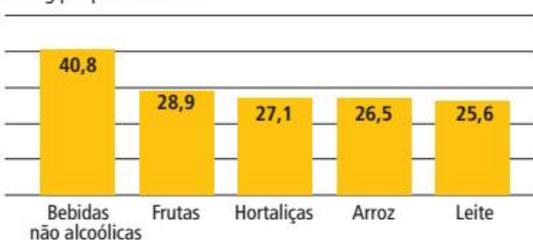
Brasileiro come menos arroz e bebe mais "refri"

[...] No caso do arroz polido, por exemplo, a queda no consumo *per capita* foi de 40,5% de 2003 a 2009. No do feijão, de 26,4%.

[...] Hoje, do total de calorias presentes na despensa dos brasileiros, 16,4% vêm dos chamados açúcares livres, que são aqueles adicionados aos alimentos no seu processamento ou no momento do consumo. [...]

OS CAMPEÕES DA DESPENSA

Em kg por pessoa ao ano



MENCHEN, D. Brasileiro come menos arroz e bebe mais "refri". *Folha de S.Paulo*. São Paulo, 17 dez. 2010. Fornecido pela Folhapress.

Dê a soma dos itens corretos de acordo com o texto:

- (01) O consumo de feijão entre 2003 e 2009 diminuiu 3,3%.
- (02) Entre 2003 e 2009 houve aumento de consumo de cerveja e refrigerante, mas não houve aumento de consumo de arroz e feijão.
- (04) O consumo de arroz caiu, em média por ano (entre os seis anos em estudo), 6,75%.
- (08) Comparando-se leite com bebidas não alcoólicas chega-se à conclusão de que o consumo do primeiro representa menos de 50% do consumo do segundo.
- (16) Brasileiros consomem mais arroz que hortaliças.
- (32) Entre 2003 e 2009, o consumo de cerveja aumentou, aproximadamente, 22%. Soma = 38 (02 + 04 + 32)

4. Existe uma relação entre o consumo de calorias e a perda de gordura. Cada caloria perdida equivale, em média, a 0,129 grama de gordura.

Atividade	Gasto calórico por minuto	Atividade	Gasto calórico por minuto
Dançar	6	Boliche	7
Andar no plano	8	Natação	12
Andar em subida	11	Corrida	20
Judô/Caratê	13	Futebol	13,3
Pular corda	15	Natação	14
Handebol	10	Basquete	9
Vôlei	15	Tênis	11

Fonte: DOUGLAS, C.R. *Tratado de fisiologia aplicada à nutrição*. São Paulo: Robe, 2002.

Com base na tabela é correto afirmar que:

- ao dançarmos uma hora queimamos, em média, 0,774 grama de gordura.
- ao caminharmos em subida durante 20 minutos queimamos, em média, 14,19 gramas de gordura.
- ao pularmos corda por 15 minutos queimamos mais calorias do que se jogássemos vôlei.
- considerando-se o mesmo tempo, a corrida queima, em média, o dobro de calorias que o handebol.
- considerando-se o mesmo tempo, o jogo de tênis nos faz queimar menos gorduras do que o boliche.

5. Leia o texto a seguir: *Se for possível, disponibilize para os alunos o texto Fluoretação das águas: prós e contras, que se encontra nas Orientações para o professor.*

Mineradora é notificada por alto índice de flúor em represa que abastece Poços de Caldas

Uma mineradora de Minas Gerais foi notificada pela Prefeitura de Poços de Caldas, no Sul do estado, por poluir as águas da represa que abastece os moradores da cidade. A água da Represa Saturnino de Brito foi analisada em um laboratório de São Paulo. O índice de flúor de amostras colhidas num trecho próximo a essa empresa é de 4,2 miligramas por litro de água. O limite permitido é bem menor: 1,4 miligrama por litro.

O motivo da morte de peixes e da coloração esverdeada da água da represa ainda não foi esclarecido.

7. Leia a tirinha abaixo e faça o que se pede.



Explique a fala de Calvin no último quadro da tirinha.

A mineradora tem até o início da semana que vem para apresentar uma defesa no Departamento de Meio Ambiente da prefeitura. Caso contrário, pode ser multada. Segundo o Departamento de Água e Esgoto, a captação de água da represa, que foi reduzida por causa do problema, deve voltar ao normal daqui a 20 dias. O órgão informou que o alto índice de flúor só poderia prejudicar a saúde da população se a água tivesse sido consumida por um longo prazo, o que não aconteceu.

Mineradora é notificada por alto índice de flúor em represa que abastece Poços de Caldas. **Agência O Globo**, Rio de Janeiro, 18 jun. 2010. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/brasil/mineradora-notificada-por-alto-indice-de-fluor-em-represa-que-abastece-pocos-de-caldas-no-2992005>>. Acesso em: abr. 2016.

Agora, responda:

- Provavelmente, qual foi a causa do aumento da concentração de flúor na água que abastece a cidade de Poços de Caldas (MG)?
- Pesquise e aponte as possíveis consequências, para a população, do consumo diário da água com excesso de flúor.

6. Leia o texto:

[...]

Embora não exista uma explicação plausível, alguns alimentos que sempre estiveram presentes na nossa alimentação um dia viraram vilões e foram privados pelo senso comum em participar de uma dieta considerada nutritiva ou, pior ainda, ganharam a fama de provocar problemas do coração e aumento de peso.

No entanto, ao longo dos anos, alimentos como o café, o ovo, o chocolate, a manteiga e a cerveja, que no passado já chegaram a ser condenados na busca por uma alimentação saudável, viraram alvo de estudos e foram redimidos pela comunidade científica. "Para conseguir os benefícios desses alimentos o que vale é o mesmo para os outros: quantidades ideais diárias, equilíbrio e exercícios físicos. Além disso, a perigosa equação excesso de comida mais falta de atividade física continua a ser um agravante no que se refere às doenças coronárias e à obesidade", observa a nutricionista [...], presidente da Associação Brasileira de Nutrição Esportiva (ABNE).

Saiba por que café, ovo, chocolate, manteiga e cerveja derrubaram os tabus da nutrição. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 13 set. 2015.

- A notícia reforça ou combate os mitos referentes a determinados tipos de alimentos?
- De acordo com a nutricionista entrevistada, doenças coronarianas e obesidade associam-se, principalmente, a quais fatores desencadeantes ou predisponentes?

Compartimentos celulares

Estrutura e função

Andrew Burton/Getty Images



Mineiro em mina de carvão em Makeevka, Ucrânia, 2015.

A abertura deste capítulo permite discutir a matriz energética brasileira e, em especial, como ela vem mudando nos últimos anos, com o aumento proporcional das fontes mais poluentes. A realidade local pode ser destacada, uma vez que cada região do país tem suas especificidades. A participação do professor de Geografia pode enriquecer a discussão.

Uma sugestão para contextualizar o tema é o filme **Germinal** (França, 1993), com Gérard Depardieu, baseado no romance homônimo do francês Émile Zola. O filme aborda a eclosão de um movimento grevista entre mineiros de carvão, no norte da França, na década de 1860. Outra opção é o documentário franco-chinês **Beixi Moshuo (Behemoth)**, de Zhao Liang, que registra o extenuante e perigoso cotidiano dos mineiros de carvão na China.

Esses homens, apenas sombras

Abalurdos é uma região carbonífera. Funciona uma estrada de ferro que transporta o carvão mineral explorado no território. O tempo de exploração já dura cinquenta anos; o tempo em que os milhares de toneladas de carvão mineral continuam a ser extraídos. Os homens que moram na região voltam das minas irreconhecíveis, revestidos de fuligem densa. Por todo o local a fina camada de cinzas cobre as superfícies. A outra parte dos trabalhadores mora em alojamentos próximos à mina.

A escuridão de uma mina é úmida, com constantes barulhos de gotejamento, iminência de desabamentos e um ar muito pesado. É uma escuridão que comprime os sentidos. Que dificulta a respiração. Aos poucos, esses homens tornam-se parte dela; acobertados pelas trevas tóxicas do ar poluído. [...] O local de uma mina de carvão é uma espécie de deserto. Isolado, abafado, muita poeira, e, mesmo com tantos trabalhadores, existe solidão. A imensidão das extensas proporções de terras ao redor pode esmagar a condição humana que existe até no mais bruto dos homens. [...]

Assim, vistos de longe, esses homens são apenas sombras. Todos negros e sem distinção. São sombras produzidas pelo trabalho duro que é transformar natureza viva em morta para subsistir...

Perde-se lá o dedo, mas isso não altera a condição de nenhum deles. São todos homens e sombras.

MAIA, A. P. **Carvão animal**. São Paulo: Record, 2011.

No livro **Carvão animal**, com linguagem direta e crua rudeza, a escritora brasileira Ana Paula Maia conta histórias de pessoas que vivem à margem da sociedade, em condição subumana. Entre os “homens-sombra” retratados, estão trabalhadores de uma mina de carvão da imaginária cidade de Abalurdos, com suas faces escuras, tatuadas pela poeira.

Os “homens-sombra” do carvão ainda existem e perdem a vida nas minas. Todos os anos, mais de 5 mil trabalhadores morrem em acidentes nas minas de carvão espalhadas pelo mundo. Nos Estados Unidos, do início do século XX, morriam anualmente cerca de 1 000 mineiros; atualmente, são 30. Na China, ainda são 3 mil por ano os que deixam a vida nas profundezas dos túneis.

As estatísticas, todavia, não mostram tão claramente todas as sujas faces do submundo do carvão. Além das vidas bruscamente interrompidas pelos frequentes casos de acidentes, desmoronamentos e explosões, há dezenas de milhares de casos que não entram nas estatísticas estampadas nas manchetes dos jornais. São os trabalhadores que morrem um pouco a cada dia de trabalho.

O tempo passado nas profundezas cobra dos mineiros o ônus da incapacitação e da redução da expectativa de vida, decorrentes das lesões pulmonares provocadas pela inalação constante da poeira que contamina o ar no interior das minas. Legiões de desvalidos, debilitados e incapazes para qualquer atividade física pagam um preço alto demais à sílica, componente do pó que ocupa as minas. É ela a responsável pela destruição celular que consome o tecido pulmonar e reduz a capacidade respiratória dessas pessoas.

Nosso consumo desenfreado de eletricidade obriga a busca incessante de combustíveis fósseis. Quem mantém a elevada demanda de energia somos todos nós, quando ligamos aparelhos de ar condicionado ou deixamos lâmpadas acesas desnecessariamente. Porém, quem paga a parte mais perversa dessa conta são aqueles cujas células pulmonares são destruídas pelas próprias enzimas.

A matriz energética brasileira pode ser considerada “limpa”; no entanto, em períodos de escassez de chuvas, quando baixa o nível de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas, a demanda nacional é em parte saciada pela eletricidade gerada em centrais termelétricas movidas a gás natural (menos poluentes) ou a carvão mineral (como a usina de Candiota, RS). Em decorrência desses problemas, economia e citologia se encontram nos hospitais e nas filas da Previdência Social.

Os alunos podem ser estimulados a investigar em que estados do Brasil a incidência da silicose é maior, buscando explicações para os dados obtidos. Em grupo, podem elaborar painéis que retratem as condições de vida e de trabalho às quais estão submetidos os mineiros. O documentário **Minas de carvão, a vida no subsolo**, produzido pelo Tribunal Regional do Trabalho de Santa Catarina, mostra a realidade dos mineiros naquele estado. Está disponível em <<http://tub.im/nwz6k6>>, na seção “Vídeos” (acesso em: dez. 2015).

Ambiente celular, um espaço compartimentado

Ilustrações: Cecilia Kwahita

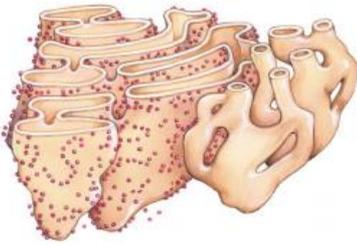


Figura 1. As regiões do retículo endoplasmático que têm ribossomos aderidos formam o retículo endoplasmático granuloso (antes chamado retículo endoplasmático rugoso ou granular ou, ainda, ergastoplasma), relacionado com a síntese de proteínas. O retículo endoplasmático não granuloso (antes chamado retículo endoplasmático liso ou agranular) não tem ribossomos aderidos e participa da hidrólise do glicogênio, da síntese de sais biliares (principais componentes da bile), de lipídios e de fosfolipídios. É também importante na inativação de substâncias tóxicas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A seu critério, você pode discutir a evolução do conhecimento a respeito da estrutura da membrana plasmática ao longo da segunda metade do século XX, principalmente depois do advento da microscopia eletrônica.

A principal propriedade das membranas celulares, que garante a estabilidade da composição química do meio intracelular, é a **seletividade**, ou seja, a capacidade de selecionar as substâncias que por elas passam.

A divisão do espaço intracelular em compartimentos organiza as diversas atividades metabólicas das células, aumentando sua velocidade, o rendimento energético e de produtos por matéria-prima empregada. Permite ainda a ocorrência simultânea de inúmeros processos, o que seria menos eficiente em um ambiente único. O sistema interno de membranas inclui o envoltório nuclear, o retículo endoplasmático (**figura 1**) e todos os demais organelos membranosos, como os lisossomos, o complexo golgiense, as mitocôndrias e os cloroplastos.

- O envoltório nuclear e as membranas dos diversos organelos das células eucarióticas têm composição química e estrutura semelhantes às da membrana plasmática.
- As mitocôndrias e os cloroplastos possuem sistemas internos de membranas: as cristas mitocondriais e os tilacoides, respectivamente.

A estrutura das membranas externa e interna de mitocôndrias e cloroplastos corrobora com a hipótese de que esses organelos resultam de endossimbiose.

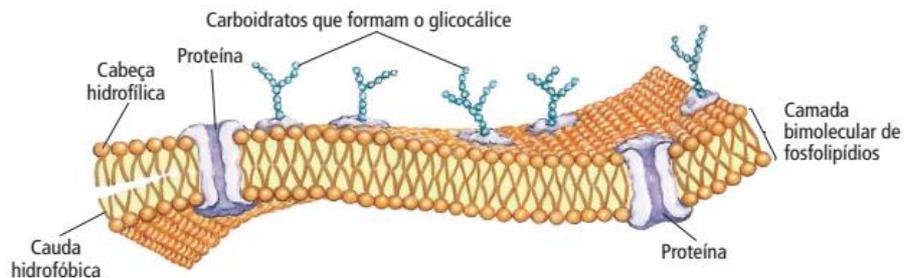
Estrutura das membranas celulares

Todas as células são delimitadas pela membrana plasmática, que é **lipoproteica**, ou seja, formada por lipídios e proteínas, que se associam e constituem uma camada fluida. A membrana plasmática é tão delgada que não pode ser visualizada no microscópio óptico, apenas no microscópio eletrônico.

Os lipídios mais abundantes na membrana plasmática são os **fosfolipídios**, dispostos em duas camadas justapostas (**figura 2**). Esparsamente distribuídas e mergulhadas no “tapete de lipídios”, moléculas de proteínas podem se movimentar. Além de fosfolipídios, as membranas das células animais contêm colesterol, ausente nas células vegetais.

Carboidratos podem se associar a proteínas ou a lipídios, compondo glicoproteínas ou glicolipídios, respectivamente. A camada que recobre a superfície externa das células é o **glicocálice**, uma trama de carboidratos e glicoproteínas que, entre outras funções, retém partículas (protegendo assim as células) e, em determinados casos, participa da adesão entre células vizinhas.

Figura 2. O caráter dinâmico da membrana plasmática explica muitas de suas propriedades. As moléculas de lipídios apontam a cabeça hidrofílica (grupo fosfato, que tem afinidade pela água) para as superfícies externa e interna da membrana e afastam delas a cauda hidrofóbica (ácidos graxos, que não têm afinidade pela água). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



Demonstrações e experimentos simples sobre a permeabilidade das membranas podem ser realizados no laboratório ou na própria sala de aula, como descrito abaixo.

Com filme plástico de PVC, faça um saquinho e encha-o com solução de lugol ou solução de iodo (encontrada em farmácias). Feche o saquinho, amarrando-o com barbante. Em um copo de vidro transparente, com água até pouco mais da metade, prepare uma solução de amido de milho. Segure o saquinho com lugol de maneira que ele toque a superfície da solução de amido e espere dois ou três minutos. A solução de lugol irá atravessar a parede do saquinho e, em contato com o amido, mudará de cor. Peça aos alunos que descrevam o que observaram e levantem hipóteses para explicar essa observação.

Figura 3. O movimento do corante é um exemplo de difusão, que ocorre de uma região de maior concentração de partículas para outra de menor concentração.

Permeabilidade das membranas

Colocando-se partículas de soluto (um corante, por exemplo) em um recipiente com água (solvente), elas tendem a ocupar todos os espaços disponíveis (**figura 3**). Chama-se **gradiente de concentração** a diferença de concentração de partículas de soluto entre duas regiões.



Fotos: Science Photo Library/SPL, iR/iRistock

As membranas são classificadas de acordo com a permeabilidade (**figura 4**).

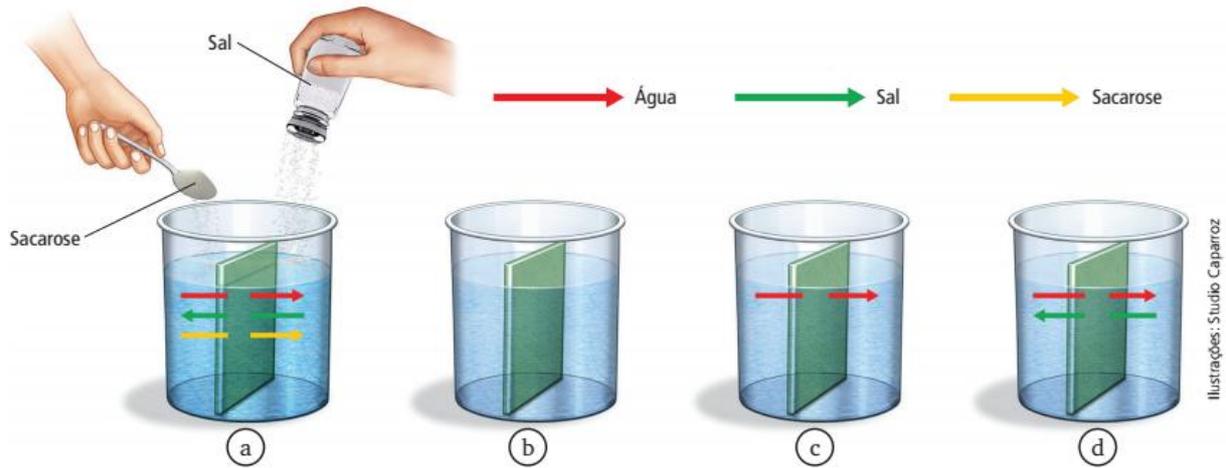


Figura 4. Nesses quatro recipientes divididos por membranas, um lado contém solução de água e sacarose; o outro lado, solução de água e sal de cozinha, ambas com a mesma concentração. Em (a), há livre trânsito de água e das substâncias dissolvidas, e a membrana é **permeável**. Em (b), não há passagem de água nem das substâncias dissolvidas, e a membrana é **impermeável**. Em (c), ocorre a passagem apenas de água e não dos solutos (substâncias dissolvidas), e a membrana é **semipermeável**. Em (d), ocorre passagem de água e de um tipo de soluto (no caso, o sal de cozinha), mas não de outro (a sacarose), e a membrana é **seletivamente permeável**. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A passagem de substâncias através da membrana plasmática a favor do gradiente de concentração (ou seja, da região de maior concentração para a de menor concentração) caracteriza o **transporte passivo**, pois não envolve gasto de energia.

A passagem de substâncias pela membrana plasmática contra o gradiente de concentração (da região de menor concentração para a de maior concentração), e com gasto de energia, corresponde ao **transporte ativo**.

Através da membrana plasmática, pode ocorrer ainda o transporte de grandes moléculas, contidas em vesículas membranosas, por **endocitose** (fagocitose ou pinocitose) ou **exocitose**.

Em contato com a água, o cloreto de sódio (sal de cozinha) dissocia-se em íons Na^+ e Cl^- ; portanto, uma solução de 1M de NaCl origina uma quantidade 2M de íons. Já a sacarose não se dissocia. Logo, uma solução de 1M de cloreto de sódio possui o dobro da quantidade de partículas de uma solução de 1M de sacarose. Separadas por uma membrana semipermeável, ocorre passagem de água por osmose, do lado da solução de sacarose para o lado da solução de cloreto de sódio.

► Transporte passivo

Pode ocorrer por difusão (simples ou facilitada) ou por osmose e não envolve gasto de energia.

► Difusão simples

Nas células, muitas partículas (como as de gás carbônico e as de oxigênio) atravessam a membrana plasmática da região de maior concentração para a região de menor concentração por **difusão simples** (**figura 5**). Em geral, essas partículas são lipossolúveis, isto é, solúveis em lipídios (como os que formam a própria membrana plasmática). Esse movimento passivo ocorre sem gasto de energia, e a velocidade de passagem das partículas é diretamente proporcional ao gradiente de concentração.

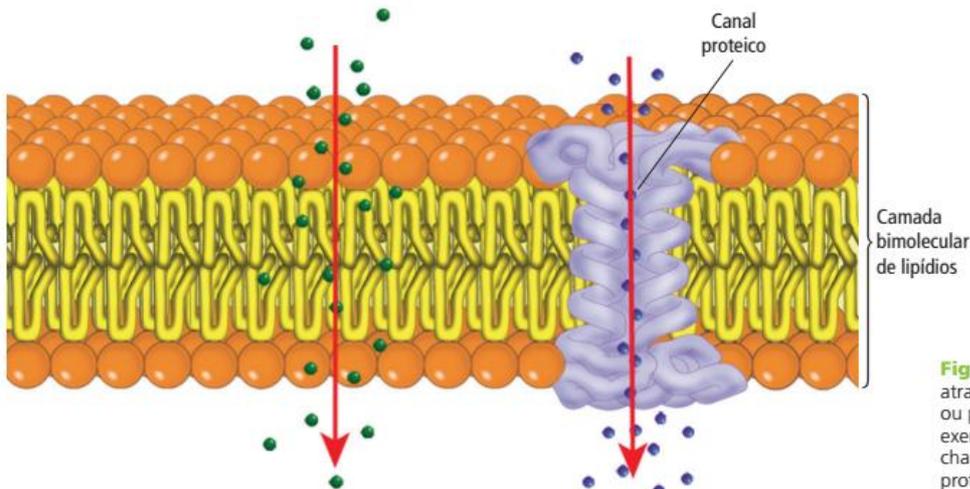


Figura 5. A difusão simples pode ocorrer através da camada bimolecular de lipídios ou por canais proteicos. A água, por exemplo, penetra por poros (também chamados canais de água) formados pela proteína aquaporina. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ Difusão facilitada

Existem partículas que atravessam a membrana plasmática a favor do gradiente de concentração (ou seja, da região mais concentrada para a menos concentrada) sem gasto de energia, mas com velocidade superior à velocidade da difusão simples, o que indica a existência de moléculas transportadoras que funcionam como canais de passagem (**figura 6**). Os canais de passagem são proteínas que se ligam especificamente às partículas transportadas, de forma semelhante à que ocorre com uma enzima e seu substrato.

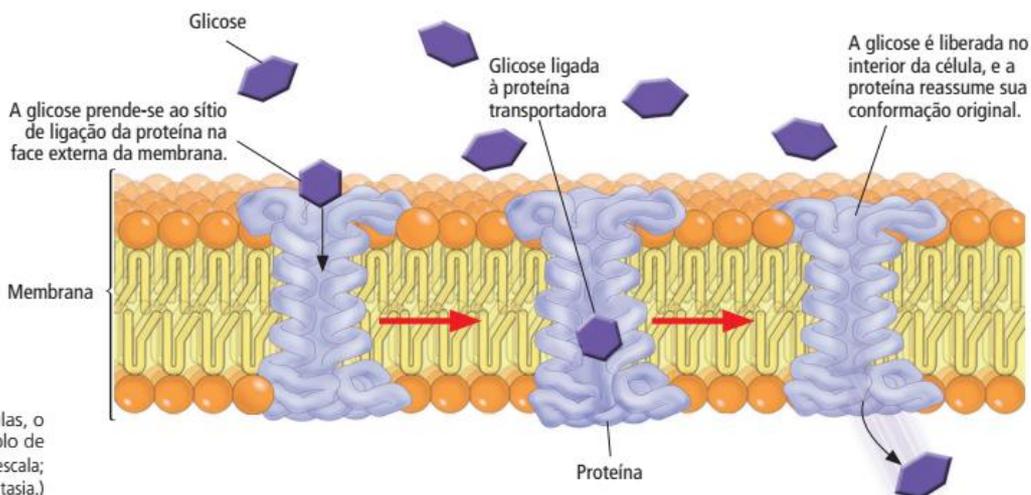


Figura 6. Na maioria das células, o transporte de glicose é um exemplo de difusão facilitada. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

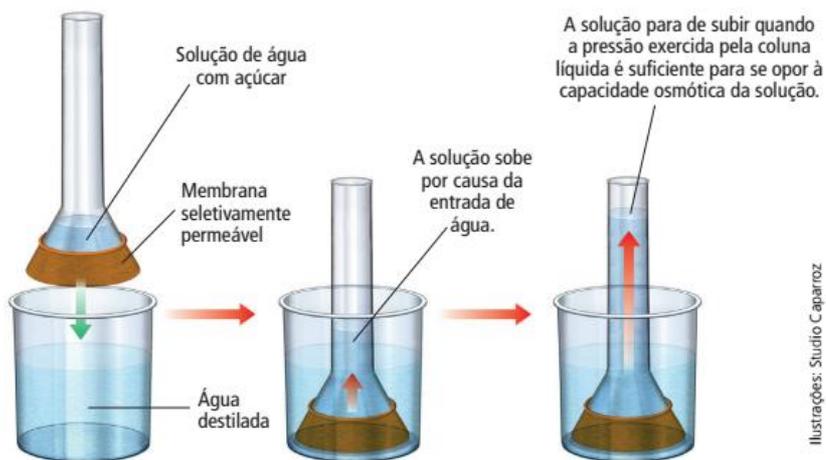
▶ Osmose

É um tipo particular de difusão simples, envolvendo apenas partículas de solvente, que, nos sistemas biológicos, corresponde à água.

Consideremos uma solução de água e açúcar dentro de um funil. Fechado em uma das extremidades por uma membrana semipermeável, o funil é imerso em um recipiente com água destilada. Por osmose, a água passa pela membrana e entra no funil, elevando o nível de água em seu interior (**figura 7**). A capacidade que uma solução tem de forçar a entrada de água por osmose é denominada **capacidade osmótica** dessa solução.

Para essa definição de capacidade osmótica, ver BERRET, K. E. et al. **Fisiologia Médica de Ganong**. Porto Alegre: AMGH, 2013.

Figura 7. A entrada de água no funil dilui a solução em seu interior; porém, por mais água que entre, a igualdade das concentrações não será alcançada, pois a água destilada não contém partículas dissolvidas. Em certo momento, cessa a elevação do nível de água no funil em razão da pressão exercida pelo peso da coluna líquida dentro dele. (Cores-fantasia.)



▶ Em países pobres, as diarreias infecciosas respondem por mais de 25% das mortes de crianças com idade inferior a um ano. Das causas de diarreia infecciosa, uma das mais letais é a cólera, provocada pela bactéria da espécie *Vibrio cholerae*. Esse microrganismo produz a toxina colérica, que estimula a secreção de íons cloreto pelas células da mucosa intestinal, acarretando perda de grandes quantidades de água, por osmose, para a luz do intestino delgado. Pessoas doentes chegam a perder mais de 20 litros de água por dia, pelas fezes.

Além da gravidade da doença, destaca-se ainda o seu caráter epidêmico (aumento de casos de uma determinada doença em curto período em uma dada região) e, algumas vezes, pandêmico, isto é, pode alastrar-se rapidamente por diversos países ou mesmo por mais de um continente.

A capacidade osmótica depende da **concentração de partículas** de soluto da solução, e não da natureza dessas partículas. Por exemplo: sal de cozinha ou açúcar, em solução, gera a mesma capacidade osmótica, desde que as concentrações de partículas sejam iguais.

Duas soluções são **isotônicas** quando têm a mesma concentração de partículas de solutos. Separadas por uma membrana semipermeável, os fluxos de água nos dois sentidos equivalem-se, não ocorrendo alteração de volume em nenhuma delas.

Quando duas soluções apresentam concentrações diferentes, a mais concentrada é chamada **hipertônica**, e a menos concentrada, **hipotônica**. Separadas por uma membrana

semipermeável, ocorre passagem de água em maior quantidade da menos concentrada para a mais concentrada.

As hemácias (**figura 8**), por exemplo, têm concentração interna de partículas igual à concentração do plasma onde estão mergulhadas, que corresponde à de uma solução de NaCl (cloreto de sódio) a 0,9% (equivalente a 0,9 grama de sal em 100 mL de água). No plasma, as hemácias mantêm volume constante, pois seu interior e o plasma são isotônicos. Em soluções hipertônicas, como a de NaCl a 1,5%, as hemácias perdem água por osmose e murcham; em soluções hipotônicas, como a de NaCl a 0,5%, elas ganham água por osmose, aumentando em volume. Se a solução for suficientemente diluída, a entrada de água é tão grande que pode provocar a ruptura das células (hemólise).

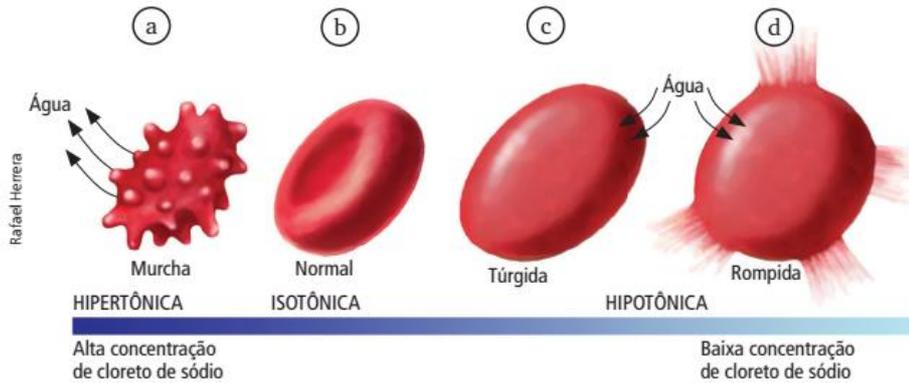
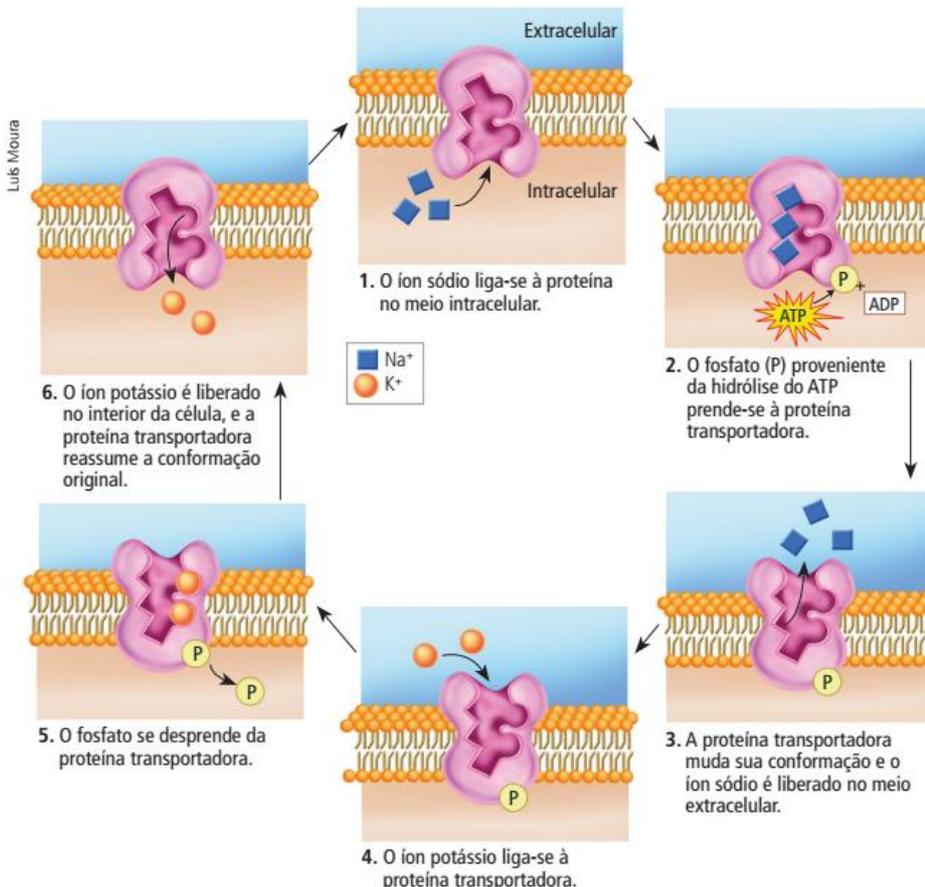


Figura 8. Hemácias em soluções de cloreto de sódio de diferentes concentrações: (a) murcha em solução hipertônica; (b) com forma normal em solução isotônica; (c) túrgida em solução hipotônica; (d) rompida (também em solução hipotônica). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Transporte ativo

Nesse mecanismo, uma proteína transportadora liga-se especificamente às partículas transportadas (**figura 9**). O transporte acontece contra o gradiente de concentração (isto é, da região de menor para a de maior concentração), gastando energia.



A energia gasta no transporte ativo é fornecida por moléculas de ATP. Animações mostrando transporte ativo e endocitose podem ser visualizadas em http://tub.im/z8d3kn, http://tub.im/zx24y5 e http://tub.im/j35rqd. Acessos em: dez. 2015.

Figura 9. Modelo de transporte de íons sódio (Na⁺) para fora e de íons potássio (K⁺) para dentro da célula, contra o gradiente de concentração (a concentração de íon sódio é maior fora das células, enquanto a de íon potássio é maior dentro das células), envolvendo uma proteína transportadora (bomba de sódio e potássio). (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

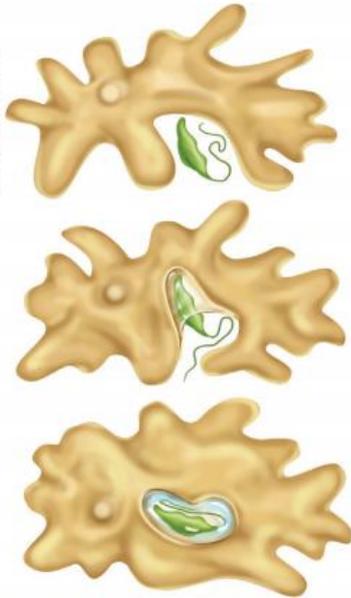


Figura 10. Por fagocitose, uma ameba (protozoário) engloba uma euglena (alga). Ambos são organismos unicelulares. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ Transporte de massa

Envoltas por membrana, macromoléculas (como proteínas, polissacarídeos e ácidos nucleicos) podem ser transportadas pela célula. O transporte que ocorre para o interior da célula é conhecido por **endocitose**; quando para o exterior, chama-se **exocitose**.

A endocitose pode ocorrer por **fagocitose** ou **pinocitose**. Depois de englobadas, as partículas entram na célula em bolsas revestidas por membrana (chamadas fagossomos ou pinossomos).

▶ Fagocitose

É o englobamento de material sólido (**figura 10**) por meio de pseudópodes, expansões citoplasmáticas transitórias envolvidas pela membrana plasmática. As amebas (organismos unicelulares), por exemplo, englobam alimentos por fagocitose, enquanto os leucócitos (células sanguíneas de defesa) fagocitam bactérias e outras partículas estranhas ao corpo, participando do combate às infecções.

▶ Pinocitose

É o englobamento de gotículas ou de substâncias dissolvidas, por meio de canaliculos (canais de pinocitose) formados por invaginação (dobramento em direção ao interior) da membrana plasmática (**figura 11**). Por pinocitose, as células que revestem internamente o tubo digestório englobam determinados alimentos, como gotículas de gordura.

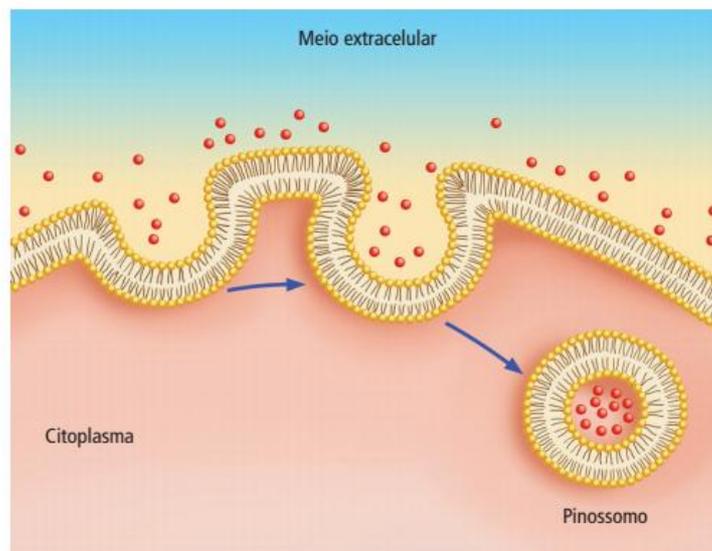


Figura 11. Representação da endocitose por pinocitose. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Células vegetais e osmose

Permanecer em um ambiente diluído representa risco para a célula, pois a água penetra em seu interior e pode arrebentá-la. A parede celular impede que isso aconteça; por isso, ela pode ser comparada a uma caixa de papelão com um furo, por onde se introduz uma bexiga de borracha. Fora da caixa, pode-se encher a bexiga até estourá-la, o que não acontece dentro da caixa (**figura 12**).

O papel da parede celular pode ser demonstrado em aula com uma garrafa PET e bexigas de borracha. Faça um pequeno furo no fundo da garrafa para permitir a saída do ar. Introduza a bexiga de borracha na garrafa e escolha um aluno para enchê-la, enquanto outro aluno enche outra bexiga, sem a garrafa. Peça para que se esforcem, tentando enchê-las até estourar. A seguir, peça a outros alunos que descrevam o que aconteceu e que procurem fazer associações com o que ocorre com células animais e células vegetais colocadas em meio hipotônico.

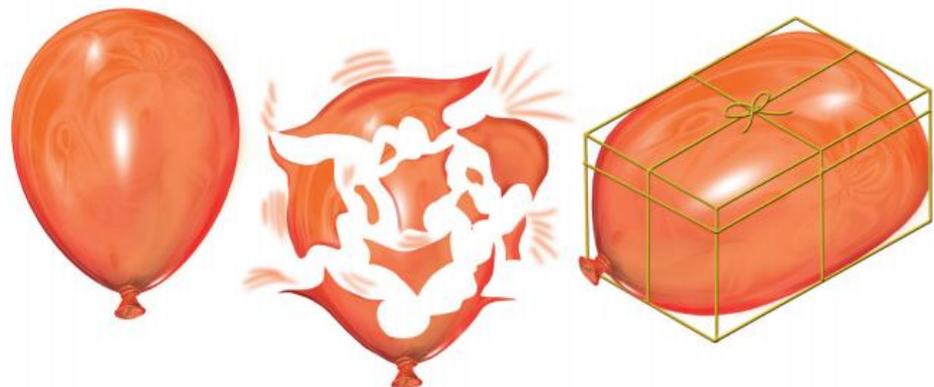


Figura 12. Simulação, com o uso de bexigas e uma caixa transparente, do que pode ocorrer com células colocadas em ambiente diluído. (Cores-fantasia.)

A presença da parede celular (que é pouco elástica) limita a entrada de água na célula vegetal, impedindo seu rompimento, mesmo em solução hipotônica. Tal característica assume grande importância na manutenção da estrutura da célula e da planta (figura 13), bem como no transporte de substâncias em seu interior.

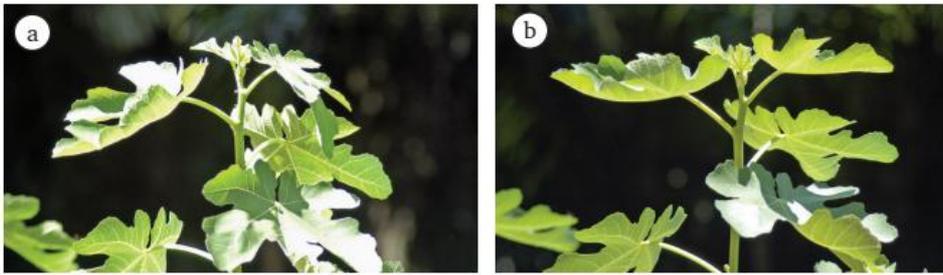
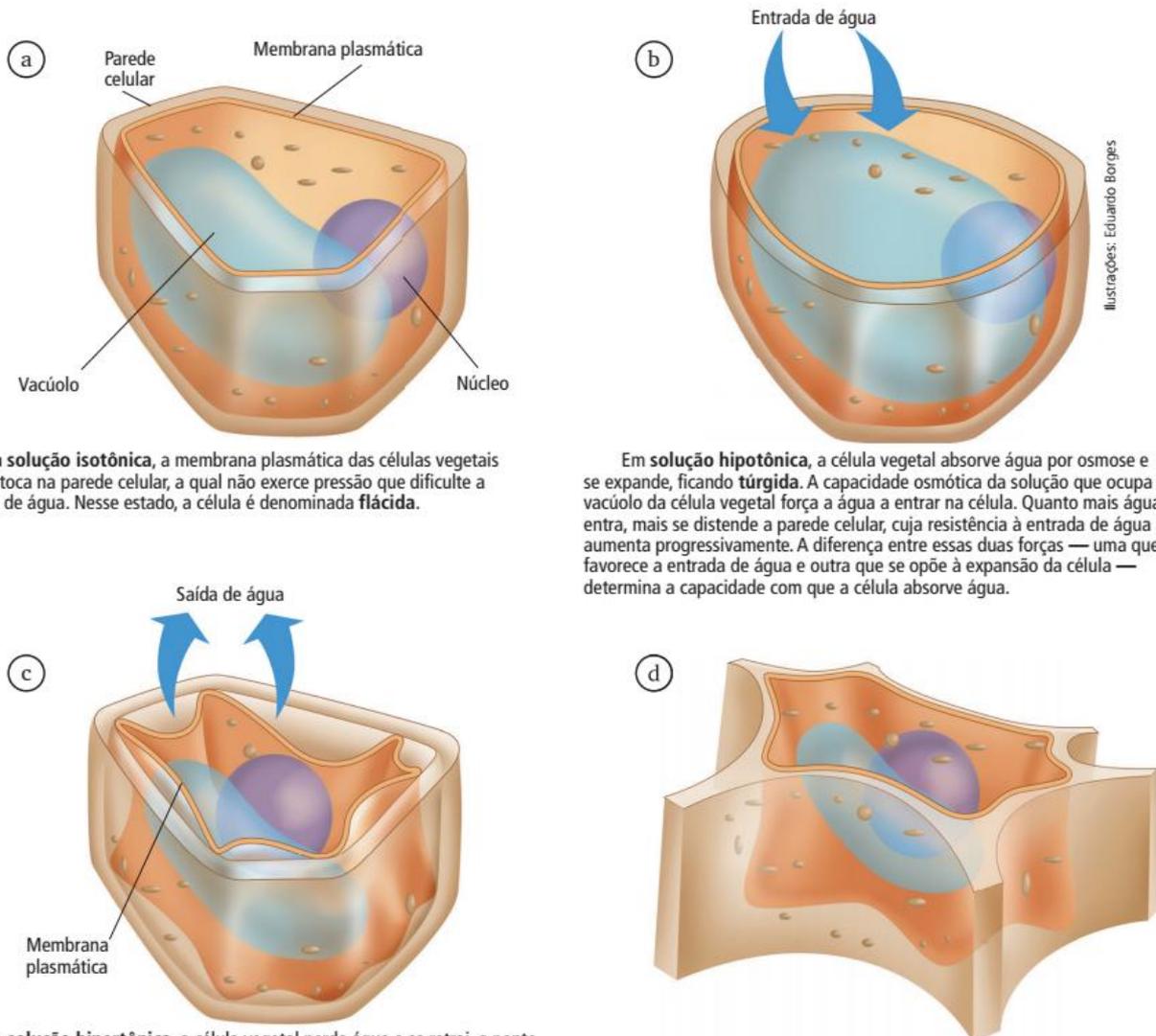


Figura 13. (a) Depois de quatro horas sob luz forte e calor intenso, as células da planta perdem água, a tensão interna diminui e a planta murcha. (b) Reidratada, a persistência de uma tensão interna em todas as células mantém a forma da planta.

Trazer duas plantas envasadas para a sala de aula permite que seja executada uma demonstração simples sobre o estado de hidratação das plantas.

A entrada de água em uma célula vegetal depende da capacidade osmótica de seu suco vacuolar, da disponibilidade do líquido no ambiente e de outros fatores. A capacidade osmótica, por sua vez, é proporcional à concentração de partículas de solutos, principalmente sais minerais e carboidratos.



Em **solução isotônica**, a membrana plasmática das células vegetais apenas toca na parede celular, a qual não exerce pressão que dificulte a entrada de água. Nesse estado, a célula é denominada **flácida**.

Em **solução hipotônica**, a célula vegetal absorve água por osmose e se expande, ficando **túrgida**. A capacidade osmótica da solução que ocupa o vacúolo da célula vegetal força a água a entrar na célula. Quanto mais água entra, mais se distende a parede celular, cuja resistência à entrada de água aumenta progressivamente. A diferença entre essas duas forças — uma que favorece a entrada de água e outra que se opõe à expansão da célula — determina a capacidade com que a célula absorve água.

Em **solução hipertônica**, a célula vegetal perde água e se retrai, a ponto de a membrana plasmática e o citoplasma se afastarem da parede celular. A célula torna-se **plasmolisada**, e a parede celular não exerce resistência à entrada de água.

Quando a célula plasmolisada é mergulhada em solução hipotônica, absorve água por osmose e recupera o estado de turgescência. Esse fenômeno é chamado **deplasmólise**.

Exposta ao ar, a célula perde água por evaporação. Se não houver água em quantidade suficiente para repor a que evaporou, a célula encolhe e torna-se **murcha**. Aderida à membrana plasmática, a parede celular também se retrai. Por ser elástica, a parede celular tende a retornar ao estado inicial, contribuindo para a entrada de água.

Figura 14. (a) Célula flácida; (b) célula túrgida; (c) célula plasmolisada; (d) célula murcha. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Atividade prática

Osmose

Objetivo

- Compreender o processo de osmose em células vegetais, pela observação de perda e ganho de água por diferentes vegetais e em diferentes condições.

Experiência 1

Materiais

- folhas de alface frescas e desidratadas
- água filtrada
- sal de cozinha
- uma colher descartável de sobremesa
- quatro recipientes fundos (pratos ou bacias pequenas)

A desidratação das folhas de alface deverá ser realizada algumas horas antes do início da aula prática. Veja informações nas **Orientações para o professor**.

Procedimentos

Organize-se em grupos de dois ou três alunos. Cada grupo deverá realizar todos os procedimentos que constam nas experiências 1 e 2.

1. Reidratação da folha de alface. Observe o aspecto de duas folhas de alface previamente desidratadas. Pegue dois recipientes fundos; coloque as folhas desidratadas em cada um deles.

Em seguida, coloque água em um dos recipientes fundos (a folha de alface deve ficar imersa). Nestas condições, observe o aspecto das folhas de alface e compare suas aparências após 30 minutos, 1 hora, 2 horas e 24 horas.

2. Ação do sal sobre uma salada de alface.

Observe duas folhas de alface frescas, com aparência túrgida.

Coloque cada uma das folhas em um recipiente fundo seco. Sobre uma delas adicione uma colher (sobremesa) de sal de cozinha, espalhando bem por toda a sua superfície. A outra folha de alface deverá ser usada como controle. Após cerca de 30 minutos, observe o aspecto das folhas de alface e compare suas aparências.

Após a observação dos resultados, providencie a correta destinação dos materiais utilizados. Mantenha organizado e limpo o espaço em que trabalhou.

Resultados e discussão

Escreva
no caderno

- a) Faça anotações em seu caderno sobre o aspecto das folhas de alface antes e depois de submetidas a cada procedimento.
- b) Qual fenômeno foi observado nas folhas de alface, e em qual(is) procedimento(s)?
- c) Com base em suas observações, explique por que não é aconselhável temperarmos a salada com antecedência às refeições.

Experiência 2

Materiais

- duas batatas-inglesas cruas
- uma faca sem ponta
- uma colher descartável de café
- sal de cozinha
- açúcar
- três recipientes rasos (ou pratos descartáveis)
- papel absorvente (ou guardanapos de papel)
- etiquetas para identificação (ou caneta piloto, caneta de retroprojektor ou de marcação de CD/DVD)



Procedimentos

1. Corte as batatas ao meio.
2. Com a colher, faça um buraco no centro de 3 metades de batata.
3. Seque bem cada um dos pedaços de batata com papel toalha ou guardanapo.
4. Coloque cada pedaço de batata, com o buraco voltado para cima, em cada um dos recipientes.
5. Identifique cada um dos 3 recipientes da seguinte forma:
(A) – açúcar; (B) – sal; (C) – controle.
6. Na batata do prato (A), adicione uma colher de açúcar no interior do buraco feito.
7. Na batata do prato (B), adicione uma colher de sal no interior do buraco feito.
8. Na batata que está no prato (C), identificado como controle, não adicione nada.
9. Aguarde alguns minutos e observe o que aconteceu.

Após a observação dos resultados, providencie a correta destinação dos materiais utilizados. Mantenha organizado e limpo o espaço em que trabalhou.

Resultados e discussão

Escreva
no caderno

- a) Em seu caderno registre os resultados observados para cada uma das batatas.
- b) Em qual(is) dela(s) você notou alguma alteração? De que tipo?
- c) Como podemos explicar tais alterações? Leve em consideração seus conhecimentos sobre a membrana plasmática e os mecanismos de transporte.

Secreção celular

Substâncias produzidas por células e utilizadas fora do local de produção são secreções. Células que secretam (sintetizam e exportam) proteínas têm retículo endoplasmático granuloso e complexo golgiense desenvolvidos. O retículo endoplasmático não granuloso desenvolvido é encontrado em células que sintetizam e secretam lipídios, como os hormônios sexuais. No complexo golgiense, as proteínas passam por uma série de transformações posteriores a sua síntese, que incluem a remoção de fragmentos das cadeias proteicas ou a adição de moléculas de lipídios ou de carboidratos.

► O complexo golgiense

O complexo golgiense (figura 15) é constituído por um conjunto de pilhas de sáculos membranosos achatados, de cujas bordas brotam vesículas.

Componentes do citoesqueleto são os responsáveis pela mobilidade das vesículas e pelo posicionamento dos organelos celulares. Glicoproteínas presentes nas vesículas sinalizam ao citoesqueleto o local de destino.

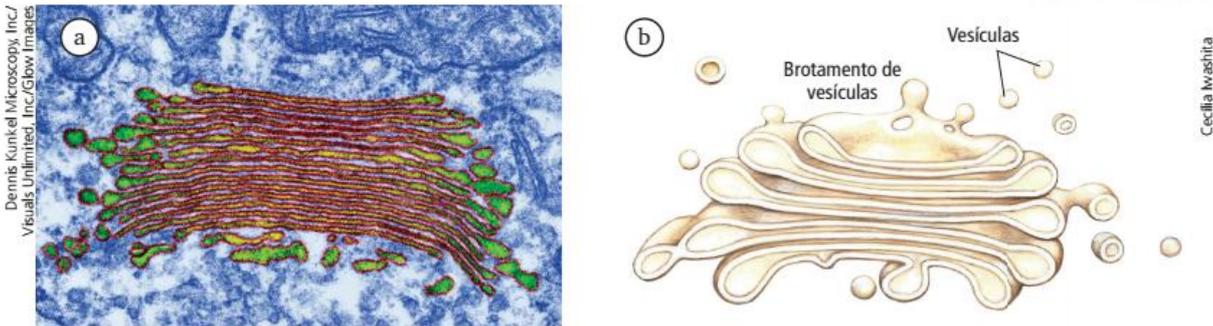


Figura 15. (a) Eletromicrografia (aumento aproximado de 22 mil vezes; colorida artificialmente) e (b) ilustração do complexo golgiense. Nos saculos do complexo golgiense, proteínas produzidas no retículo endoplasmático granuloso podem ser transformadas, concentradas e embaladas em vesículas que se destacam de suas bordas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► A atividade secretora

O estudo da atividade secretora pode ser feito, por exemplo, em uma célula do pâncreas, produtora de enzimas digestivas.

Enzimas produzidas no retículo endoplasmático granuloso são levadas por vesículas de transporte até o complexo golgiense, onde são transformadas, concentradas e embaladas em vesículas de secreção. Estas se fundem à membrana plasmática, liberando seu conteúdo no meio extracelular (figura 16).

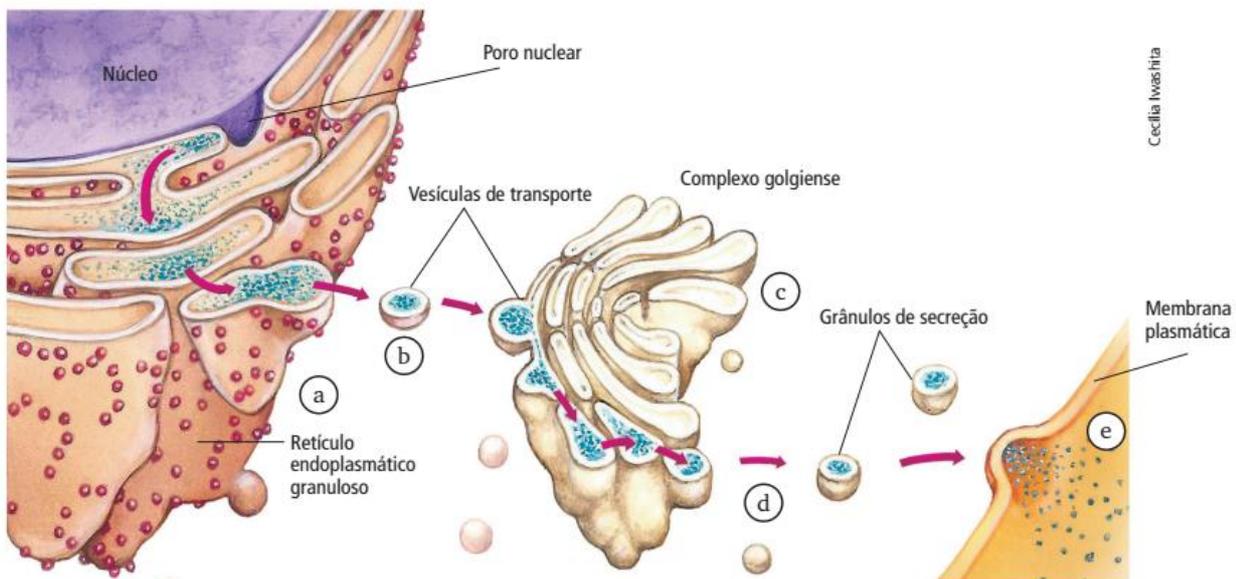


Figura 16. (a) No retículo endoplasmático granuloso ocorre a síntese de proteínas, (b) que são transportadas para o (c) complexo golgiense, onde são transformadas, concentradas e embaladas. (d) As vesículas que brotam do complexo golgiense juntam-se, formando os grânulos de secreção. (e) Finalmente, os grânulos fundem-se à membrana plasmática, ocorrendo a secreção. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

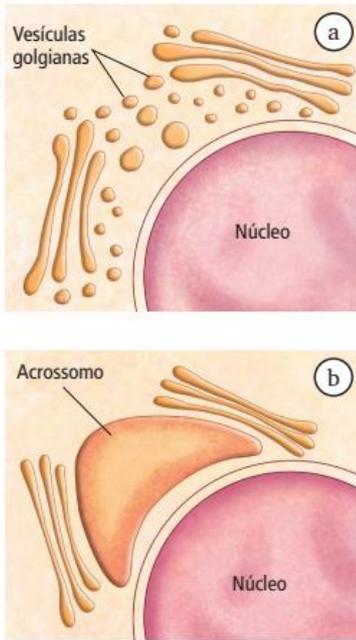


Figura 17. (a) União das vesículas do complexo golgiense na formação do acrossomo. (b) Acrossomo formado. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ Outras funções do complexo golgiense

Além da secreção celular, o complexo golgiense realiza outras funções em diferentes tipos de células:

- **Formação da membrana plasmática.** A membrana plasmática é originária das membranas do retículo endoplasmático e do complexo golgiense.
- **Produção dos lisossomos.** Enzimas hidrolíticas (digestivas) são empacotadas no complexo golgiense, formando os lisossomos.
- **Formação do acrossomo do espermatozoide (figura 17).** Vesículas que brotam do complexo golgiense se fundem e formam o acrossomo, uma bolsa que contém enzimas hidrolíticas que permitem ao espermatozoide atravessar os envoltórios do gameta feminino.
- **Formação de placa celular.** Durante a divisão de células vegetais, fundem-se vesículas originárias do complexo golgiense (contendo polissacarídeos e outras substâncias), formando a placa celular, que inicia a separação do citoplasma das duas células-filhas.

Digestão intracelular

Os **lisossomos primários** — vesículas produzidas pelo complexo golgiense — atuam na digestão intracelular (figura 18) e, menos frequentemente, na digestão extracelular. Esses organelos citoplasmáticos contêm **hidrolases**, enzimas digestivas cuja ação pode ser assim representada:



Depois de analisada a figura 18, retorne a seção de Abertura deste capítulo e peça aos alunos que expliquem o que ocorre nos pulmões dos mineiros de carvão, em consequência da inalação de partículas de sílica.

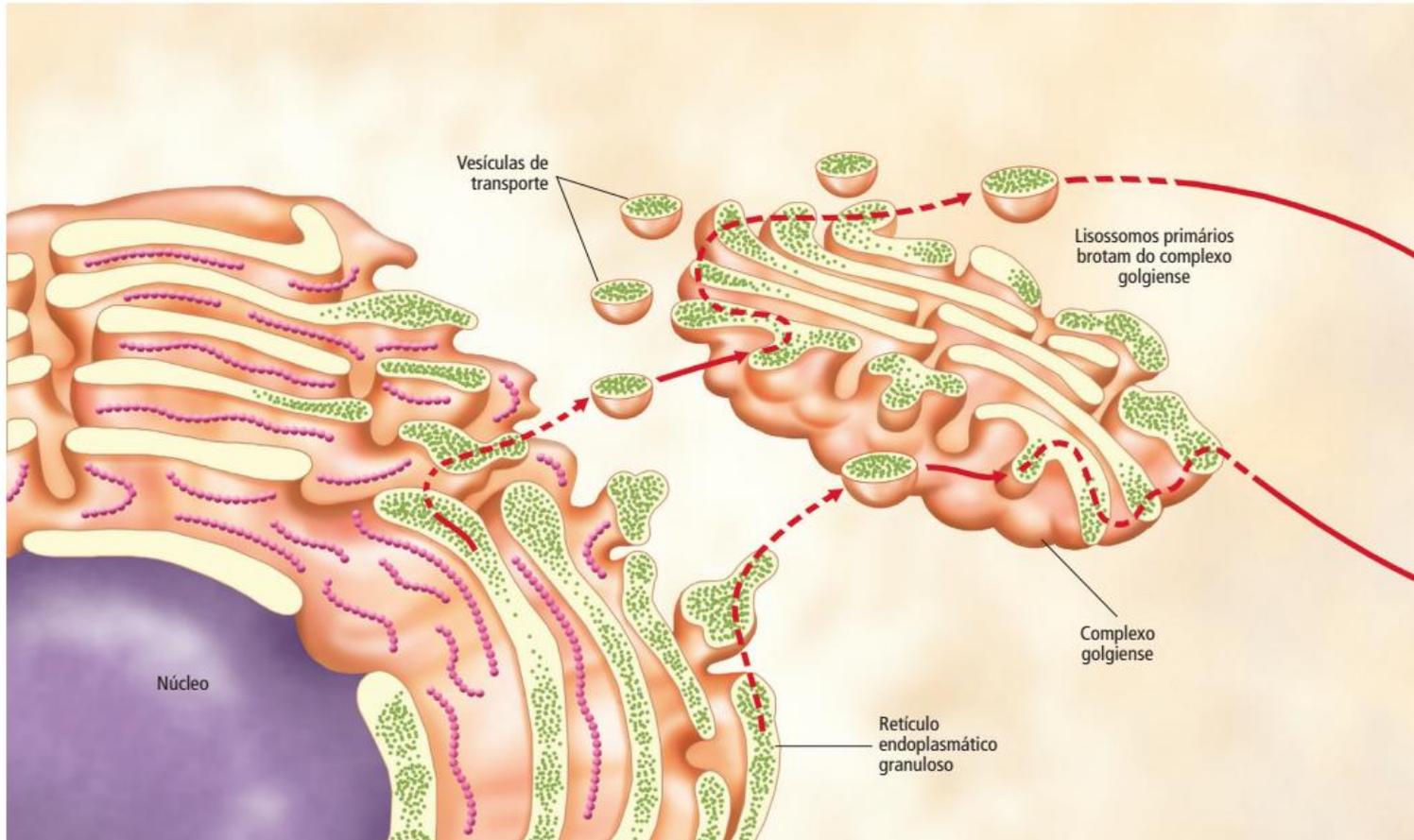


Figura 18. Etapas da digestão intracelular. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ Digestão intracelular heterofágica

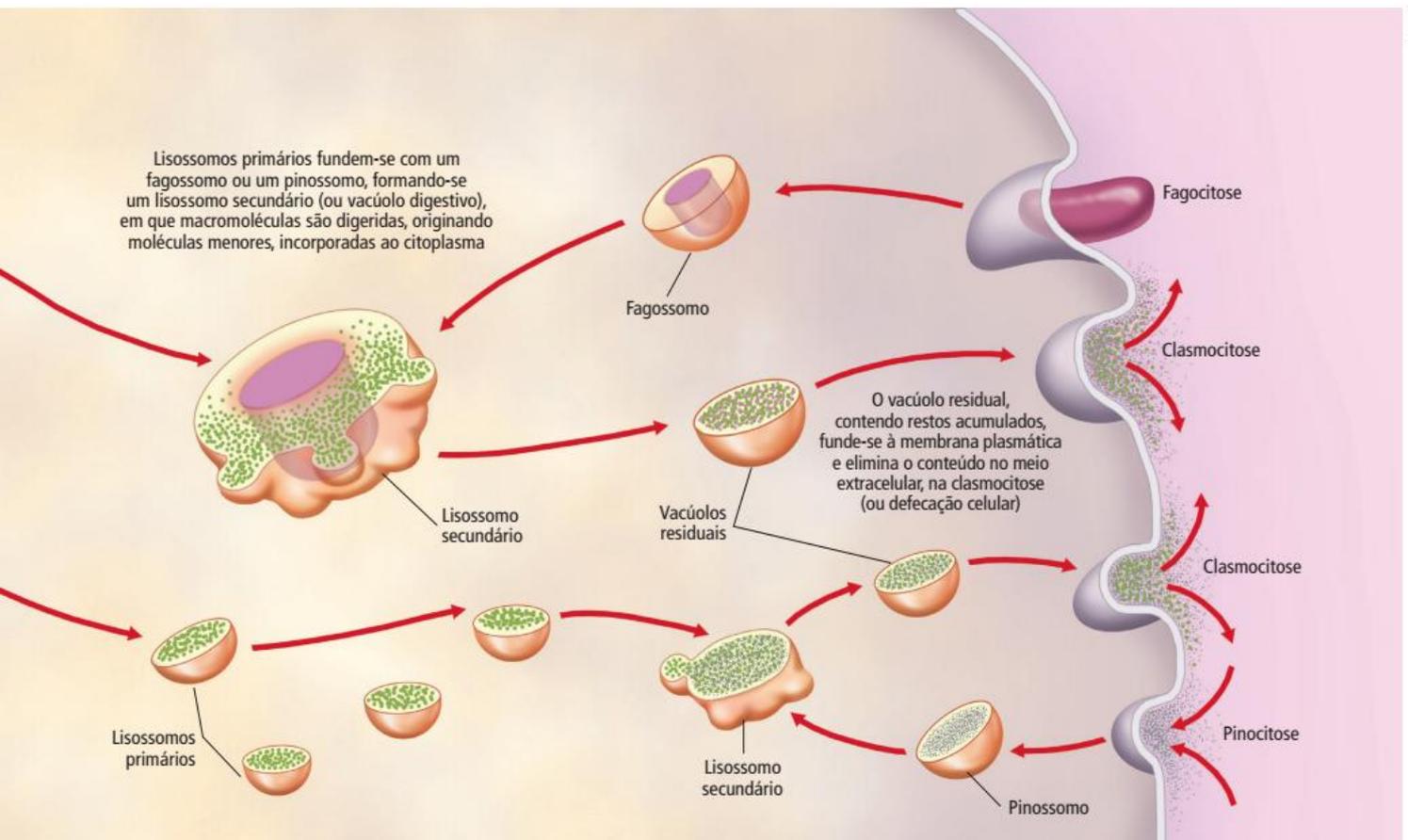
Partículas englobadas (por fagocitose ou pinocitose) podem conter macromoléculas que, no interior da célula, são hidrolisadas (digeridas) e fracionadas em moléculas menores, na **digestão intracelular heterofágica** (figura 18).

▶ Digestão intracelular autofágica

É a digestão de materiais existentes na própria célula. Componentes celulares desgastados ou danificados podem ser englobados por vesículas que se fundem com os lisossomos, originando os **vacúolos autofágicos**. Neles processa-se a digestão, cujos produtos são reutilizados pela célula. A autofagia também ocorre em situações de extrema desnutrição, quando partes do citoplasma são digeridas, mantendo-se a oferta de energia e a vida das células.

▶ Outras funções dos lisossomos

- **Remodelagem dos ossos.** As enzimas dos lisossomos podem ser empregadas na remodelação de estruturas. No tecido ósseo, por exemplo, há células chamadas osteoclastos, que usam enzimas lisossômicas para digerir o material extracelular (digestão extracelular), remodelando os ossos e permitindo o crescimento do indivíduo ou a reparação de fraturas.
- **Redução do volume uterino.** Durante as 40 semanas da gestação humana, o útero aumenta consideravelmente de tamanho e de peso. É em razão da atuação das enzimas lisossômicas que ele readquire, após o parto, seu tamanho normal.
- **Regressão da cauda dos girinos.** Na regressão da cauda dos girinos, os lisossomos rompem-se dentro das células, ocorrendo autólise (digestão completa das células) e digestão do material extracelular. Os produtos da digestão são utilizados no metabolismo do animal.



Tratamento pioneiro com célula-tronco para silicose pulmonar é eficaz

Primeiro resultado conclusivo de pesquisa da UFRJ mostrou melhora de 5% no funcionamento pulmonar

O uso de células-tronco para o tratamento de pacientes com silicose pulmonar se mostrou eficiente em barrar a progressão da doença em um ano de acompanhamento. A inserção dessas células por broncoscopia consegue ainda melhorar em 5% o funcionamento das áreas do órgão que não foram afetadas pela sílica. [...].

A silicose pulmonar é uma doença causada pela inalação da poeira de sílica. O problema afeta principalmente funcionários da construção civil e pessoas que trabalham com lapidação de joias e com

jateamento de cascos de navio com jato de areia. Ao entrar nas vias respiratórias, essa poeira se deposita nos alvéolos pulmonares e fica ali para sempre. Como o organismo não consegue destruir a sílica, um processo inflamatório lento e contínuo é instalado no local. O resultado é a formação de um tecido de cicatrização que vai tomando todo o pulmão – que acaba por perder sua função. Assim, o paciente desenvolve insuficiência respiratória. Estima-se que cerca de 6 milhões de brasileiros foram expostos à poeira de sílica.

Uma técnica criada pelo pesquisador Marcelo Morales, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), é pioneira no mundo. “As células-tronco modularam o processo inflamatório e acabaram por impedir a evolução desse processo”, diz. O tratamento consiste na ingestão [aplicação], via broncoscopia, de células-tronco adultas derivadas da medula óssea do próprio paciente, e se mostrou eficaz em barrar o crescimento da fibrose. Ele não regenerou, no entanto, aquelas células que já haviam se tornado tecido cicatrizado. [...]

YARAK, A. Tratamento pioneiro com célula-tronco para silicose pulmonar é eficaz. *Veja*, São Paulo: Ed. Abril, 26 ago. 2012. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/tratamento-pioneiro-com-celula-tronco-para-silicose-pulmonar-se-mostrou-eficaz>>. Acesso em: dez. 2015.

A sílica (dióxido de silício, SiO₂), um dos componentes das rochas, pode ser inalada no interior das minas por pessoas que não usam equipamentos de proteção adequados. Depois de se depositar nos pulmões, a sílica é fagocitada por células de defesa e, no citoplasma dessas células, provoca o rompimento dos lisossomos.

O extravasamento das enzimas digestivas destrói o tecido pulmonar e causa a silicose (conhecida como “doença dos mineiros”), patologia muito incapacitante, caracterizada pela redução grave e progressiva da capacidade respiratória. Pessoas que trabalham em atividades como escavação de poços, mineração de carvão, ouro e estanho, corte de pedras, polimento de mármore ou granito, lapidação, indústrias de cerâmica, vidro, abrasivos e de cosméticos ficam expostas à inalação desse mineral, sobretudo se não utilizam os necessários equipamentos de proteção.

Atividade

Escreva no caderno

Depois de ler a reportagem, julgue (V ou F) as afirmativas:

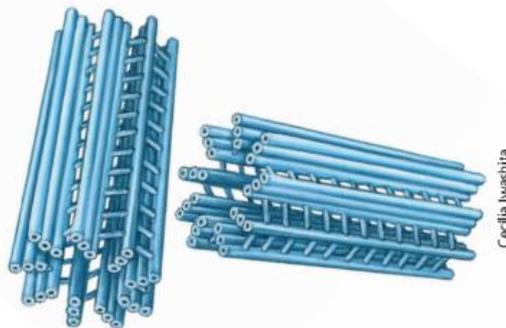
- V I. A silicose é rara no Brasil.
- F II. A silicose é causada pela destruição das partículas de sílica pelas células dos alvéolos pulmonares.
- V III. A terapia experimental com células-tronco foi capaz de interromper o avanço da doença, apesar de não regenerar as áreas com fibrose.

Movimentos celulares

O citoplasma é preenchido pelo **citossol** (ou hialoplasma), um coloide semelhante à gelatina. Neste encontram-se dissolvidos carboidratos, proteínas, aminoácidos livres, RNA, nucleotídeos (unidades formadoras do DNA e RNA) e íons inorgânicos. As macromoléculas, principalmente as proteínas, podem se manter coesas por diferentes tipos de forças: se intensas, o citossol é mais **viscoso**; se fracas, ele é mais **fluido**.

No citossol das células eucarióticas, uma trama proteica (chamada **citoesqueleto**, constituída por microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários), é responsável pela ancoragem e pelo deslocamento de organelos e pela manutenção do formato e da arquitetura da célula.

Os **microfilamentos**, constituídos por moléculas de **actina**, podem gerar movimentos. Os filamentos intermediários são responsáveis por conferir resistência mecânica à célula. Os **microtúbulos** têm paredes formadas por moléculas de **tubulina** e participam da divisão celular e da formação de cílios e flagelos. A tubulina constitui ainda a parede dos centríolos (**figura 19**), cada um formado por nove trincas de microtúbulos.



Cecilia Iwashita

Figura 19. O par de centríolos (dispostos em ângulo de aproximadamente 90°) ocupa uma região da célula denominada centrossomo. Em alguns tipos celulares, o centrossomo participa da formação de cílios e flagelos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A organização dinâmica das proteínas citoplasmáticas permite a realização de diferentes tipos de movimentos, entre os quais se destacam os movimentos ameboides, os movimentos de cílios e de flagelos e os movimentos de contração.

Depois de analisada a figura 22, peça aos alunos que expliquem a diferença entre o papel do batimento ciliar em organismos unicelulares e no epitélio mucociliar que reveste internamente as vias aéreas. Discuta o efeito da fumaça de cigarros que é capaz de alterar o batimento dos cílios e a composição do muco, bem como provocar a redução progressiva da proporção entre células ciliadas e células caliciformes (produtoras de muco). Essas são algumas das razões para a maior incidência de infecções respiratórias em fumantes e em fumantes passivos (inclusive crianças).

► Movimento ameboide

Movimento ameboide, como ocorre em amebas e em alguns tipos de leucócitos (ou glóbulos brancos, células sanguíneas de defesa), é causado por **mudanças na viscosidade** do citosol. Quando o citosol passa do estado viscoso para o fluido, escorre para a frente e reflui lateralmente, tornando-se outra vez viscoso; enquanto isso, o citosol de trás, em estado viscoso, passa para o estado fluido e desloca-se para a frente. Essa corrente forma **pseudópodes**, projeções revestidas por membrana, que deslocam a célula (**figura 20**).

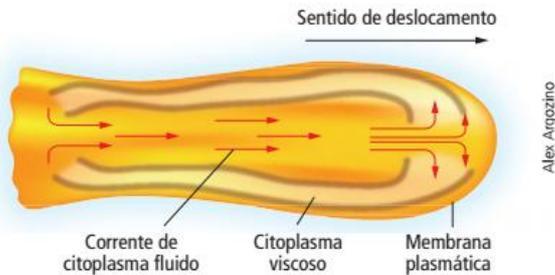


Figura 20. Representação esquemática do movimento ameboide. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Movimento de cílios e flagelos

Cílios e flagelos são prolongamentos celulares filiformes (com forma de fio) que contêm o **axonema**, um eixo de sustentação responsável por sua mobilidade, revestido por membrana plasmática. Os corpúsculos basais (ou cinetossomos, **figura 21**) têm a mesma estrutura dos centríolos e funcionam como centro organizador e lugar de inserção de cílios e flagelos.

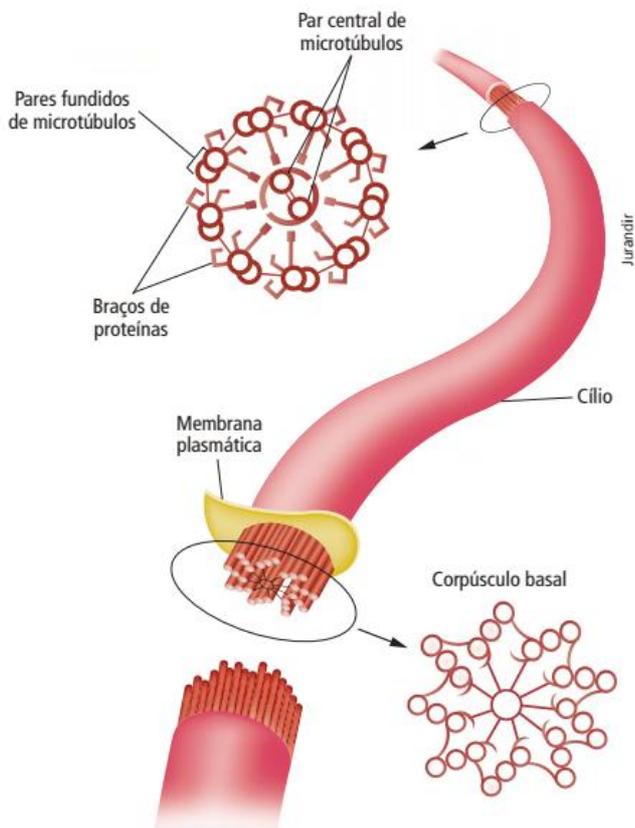


Figura 21. O padrão do axonema é conhecido por "9 + 2", em referência aos nove pares de microtúbulos em torno de um par central. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Os cílios geralmente são numerosos e curtos; os flagelos são menos numerosos (ou únicos) e mais longos que os cílios. Cílios e flagelos podem locomover células ou pequenos organismos. Os paramécios, por exemplo, movimentam-se por batimento ciliar (**figura 22a**); os espermatozoides, por batimento flagelar (**figura 22b**). Anterozoides (células reprodutoras masculinas de musgos e samambaias) possuem flagelos, que os impulsionam até a oosfera, na fecundação. A necessidade da água para a reprodução desses vegetais é justificada, em parte, pela necessidade de um meio líquido para o deslocamento dos anterozoides.

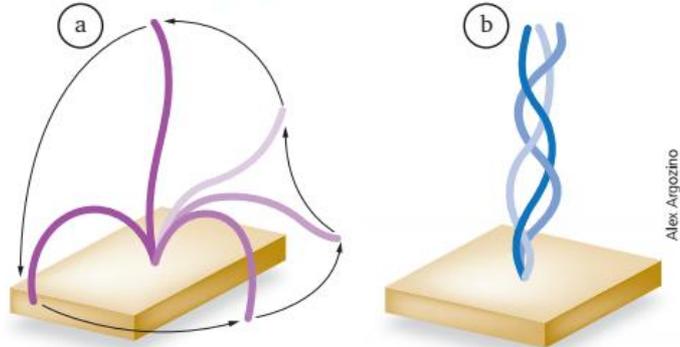


Figura 22. Representação esquemática do movimento (a) de cílio e (b) de flagelo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Movimento de contração

Certos movimentos das células ocorrem por **deslizamento** (**figura 23**) entre os filamentos das proteínas **actina** e **miosina**. Na contração das células musculares, por exemplo, esse deslizamento possibilita movimentos e locomoção; no interior de órgãos ocos, como o intestino e o coração, permite a propagação de materiais (como o bolo alimentar e o sangue, respectivamente). Uma discussão com o professor de Educação Física permite estabelecer relação entre o aumento da força muscular potencial e a indução à síntese de actina e de miosina.

Quando se realizam atividades físicas intensas, as células musculares são induzidas a produzir mais proteínas contráteis, aumentando de volume e levando à hipertrofia muscular. A discussão pode ser valiosa se tratar do uso de suplementos alimentares e de esteroides anabolizantes (principalmente em relação aos efeitos e aos riscos associados ao uso).

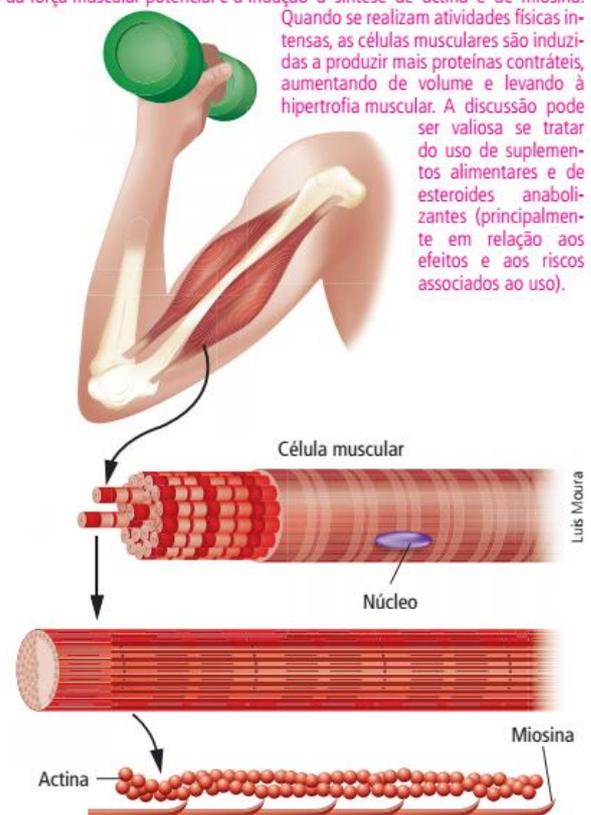
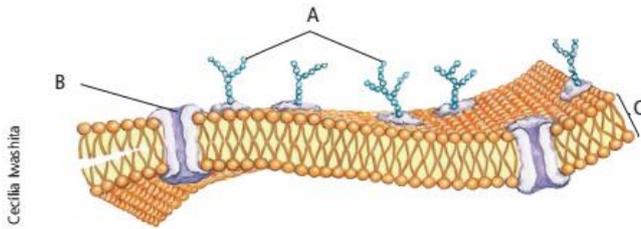


Figura 23. Conectados, músculos e ossos formam um sistema de alavancas. Assim, a contração muscular permite a execução de movimentos do corpo ou de partes dele. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

1. A partir da ilustração, que representa esquematicamente as membranas celulares, responda às perguntas seguintes.



Cecília Iwashita

- Qual é a composição química desta membrana?
- Das estruturas assinaladas (A, B e C), qual possui uma porção hidrofílica (com afinidade pela água) e uma porção hidrofóbica (com aversão à água)?
- Como se classificam as membranas celulares quanto à permeabilidade?
- Qual das estruturas assinaladas está diretamente relacionada aos mecanismos de transporte ativo através da membrana plasmática?

2. Desde a Antiguidade, o salgamento das carnes tem sido um dos mais empregados processos de conservação de alimentos, também útil na conservação das peles de animais, usadas na confecção de vestimentas. O salgamento evita a proliferação de bactérias e de outros microrganismos que atuam na decomposição da matéria orgânica.

- Qual é a influência da concentração salina na eliminação dos microrganismos?
- Que fenômeno está envolvido no processo de morte celular, nesse caso? Justifique.

3. (Unicamp-SP) Foi feito um experimento utilizando a epiderme de folha de uma planta e uma suspensão de hemácias. Esses dois tipos celulares foram colocados em água destilada e em solução salina concentrada. Observou-se ao microscópio que as hemácias, em presença de água destilada, estouravam e, em presença de solução concentrada, murchavam. As células vegetais não se rompiam em água destilada, mas em solução salina concentrada notou-se que o conteúdo citoplasmático encolhia.

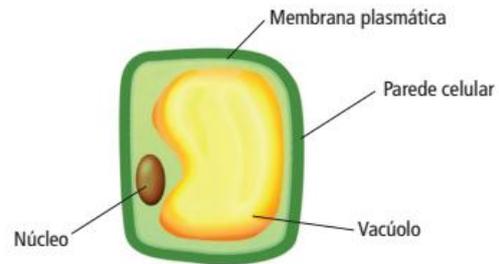
- A que tipo de transporte celular o experimento está relacionado?
- Em que situação ocorre esse tipo de transporte?
- A que se deve a diferença de comportamento da célula vegetal em relação à célula animal? Explique a diferença de comportamento, considerando as células em água destilada e em solução concentrada.

4. (UFBA) O girino que emerge do ovo e o girino crescido, prestes a sofrer metamorfose, possuem, em geral, a mesma forma. Na conversão em rã, crescem as pernas e há perda da cauda, que é devorada por células que são levadas pela corrente sanguínea até a região da cauda, onde gradualmente consomem músculos, nervos, pele e outros tecidos.

SWANSON, C. P. **A célula**. São Paulo: Edgard Blücher/USP, 1972. p. 141.

Nesse processo de destruição de tecidos, quais são as estruturas celulares especificamente envolvidas? Assinale outra função dessas mesmas estruturas.

5. A figura a seguir representa uma célula de uma planta jovem.

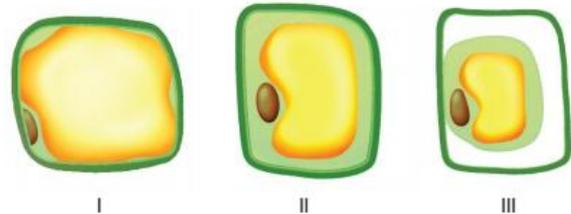


Samuel Silva

Considere duas situações:

- a célula mergulhada numa solução hipertônica.
- a célula mergulhada numa solução hipotônica.

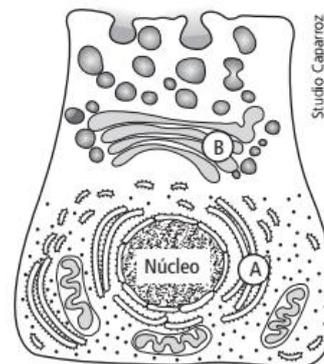
Dentre as figuras numeradas de I a III, quais representam o aspecto da célula, respectivamente, nas situações (1) e (2)? Justifique sua resposta.



Samuel Silva

6. Como ocorre a digestão das substâncias englobadas pelas células? Em sua resposta, mencione o organoide envolvido e o destino dos produtos da digestão.

7. (UFRRJ) A denominação “célula” foi criada em 1685 pelo cientista inglês Robert Hooke, para indicar pequenas cavidades no interior da cortiça que ele havia observado com um microscópio muito simples. A figura abaixo representa uma célula eucariótica animal, na qual duas estruturas citoplasmáticas estão indicadas pelas letras A e B. Sabe-se que as diversas organelas citoplasmáticas mantêm um certo grau de relacionamento funcional entre si, o que é indispensável para o bom funcionamento celular.



Studio Caparoz

- Identifique as estruturas A e B na figura.
- Descreva a relação funcional entre as estruturas A e B.

8. Pessoas com síndrome de Kartagener (ou síndrome dos cílios imóveis, uma doença hereditária humana) são incapazes de produzir uma das proteínas constituintes de cílios e flagelos. Essa doença provoca distúrbios respiratórios e, nos homens, causa esterilidade. Qual a relação entre a ausência da proteína e essas duas manifestações clínicas?

Marcas do tempo: lisossomos, peroxissomos e radicais livres

O envelhecimento corporal está associado ao envelhecimento das células que constituem o organismo, e este processo habitualmente ocorre por ação de substâncias capazes de lesar as delicadas estruturas celulares. Curiosamente, a maioria dessas substâncias é endógena, ou seja, produzida no próprio organismo. Em última análise, as células são as responsáveis por sua própria destruição.

Com o tempo, ocorre um progressivo desequilíbrio entre a geração de radicais livres e a capacidade das células de inativá-los. Com isso, moléculas importantes para o metabolismo celular — como os ácidos nucleicos e as proteínas — podem ser lesadas, e essa alteração está associada ao aparecimento de diversas doenças, como diabetes, aterosclerose, anemia, doença de Alzheimer e algumas formas de câncer.

Aparentemente, a formação de radicais livres é facilitada por determinadas circunstâncias: exposição excessiva ao sol (principalmente no período das 10 às 16 horas), fumaça de cigarro, poluição atmosférica, determinados defensivos agrícolas, ingestão de alimentos ricos em gorduras *trans*, metais pesados (como o mercúrio), uso de drogas, estresse, sedentarismo ou exercícios físicos extenuantes, ingestão excessiva de bebidas alcoólicas e exposição a radiações ionizantes (como raios X e raios UV).

Os radicais livres são quimicamente instáveis e, por isso, muito reativos. Além do DNA e de proteínas, eles podem degradar outras moléculas orgânicas, como os lipídios componentes das membranas celulares, encontrados tanto na membrana plasmática como em diversos organoides, particularmente em mitocôndrias e lisossomos.

A ligação de radicais livres ao colágeno — proteína presente na pele e nas articulações — explica o aparecimento de rugas e de artrite. Os radicais livres estão implicados, ainda, na aterosclerose e nas doenças cardíacas, porque facilitam a formação de coágulos no interior dos vasos sanguíneos.

As células possuem mecanismos de inativação dos radicais livres e de reparação contra os danos causados por eles. Nos peroxissomos, por exemplo, existem enzimas capazes de converter radicais livres em substâncias inofensivas.



Kutshaberova Studieloka/Shutterstock.com

O envelhecimento está associado à progressiva degeneração das células, que afeta o material genético e desorganiza a arquitetura celular.

Embora a atuação dos radicais livres no organismo seja inevitável (uma vez que seu aparecimento resulta de processos metabólicos normais), algumas medidas podem reduzir ou retardar seus efeitos, atenuando o processo natural de envelhecimento. Substâncias antioxidantes — como as vitaminas E, C e B6, além do betacaroteno (precursor da vitamina A, presente na cenoura e nos brócolis, por exemplo) — podem inativar quimicamente os radicais livres. Também colaboram para a redução dos radicais livres uma alimentação rica em frutas e verduras e pobre em gorduras *trans*, a prática regular de atividade física e o uso de protetor solar.

A membrana dos lisossomos primários tem papel fundamental na manutenção da integridade da célula, uma vez que impede a ação das enzimas sobre os próprios componentes celulares. Não se conhece o mecanismo exato que torna a membrana do lisossomo primário resistente às suas enzimas. Porém, sabe-se que algumas doenças se devem ao extravasamento das enzimas lisossômicas no citoplasma das células.

Acredita-se que doenças inflamatórias, como a artrite reumatoide, resultam, ao menos parcialmente, da liberação de enzimas lisossômicas no meio extracelular, danificando as articulações. A ação dos anti-inflamatórios hormonais (como os corticoides) reside em sua propriedade de estabilizar as membranas dos lisossomos primários, inibindo seu rompimento.

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

Escreva
no caderno

- (UCPel-RS) Os radicais livres são átomos ou moléculas extremamente reativos. Essa reatividade se deve ao fato de serem instáveis e, na tentativa de obter estabilização, “roubam” elétrons de outros átomos, oxidando-os. Os radicais livres que se originam de reações químicas em que o oxigênio participa, acarretam efeitos prejudiciais sobre as membranas biológicas. Agindo sobre as duplas ligações dos ácidos graxos das lipoproteínas, comprometem as funções de tais membranas. Estrutura proteica sujeita à ação danosa do oxigênio está presente:
 - apenas na membrana plasmática.
 - em todo o sistema de membranas das células.
 - apenas nas membranas mitocondriais.
 - apenas no retículo endoplasmático e no envoltório nuclear.
 - apenas no envoltório nuclear e na membrana plasmática.
- (Fuvest-SP) Certas doenças hereditárias decorrem da falta de enzimas lisossômicas. Nesses casos, substâncias orgânicas complexas acumulam-se no interior dos lisossomos e formam grandes inclusões que prejudicam o funcionamento das células. Como se explica que as doenças lisossômicas sejam hereditárias, se os lisossomos não são estruturas transmissíveis de pais para filhos?

Material genético

Estrutura e função

1 – É comum os alunos confundirem a placenta com o saco amniótico, ou imaginarem que ela ocupa todo o endométrio. Explore com eles a conceituação correta dessas estruturas.

Do que é capaz o material genético?

No interior do útero, envolvido por membranas embrionárias que formam uma bolsa repleta de líquido, o feto humano (e o de outros mamíferos) permanece aquecido, protegido contra o dessecação e relativamente seguro contra os traumas mecânicos.

Através da placenta, o feto recebe do sangue materno gás oxigênio (O_2), nutrientes, anticorpos e outras substâncias de que necessita durante o desenvolvimento; por outro lado, transfere para a circulação da mãe o gás carbônico (CO_2), a ureia e outros resíduos metabólicos. Portanto, o organismo materno atua como uma interface que conecta indiretamente o organismo fetal e o ambiente externo. O órgão que permite essa conexão é a placenta; por ela, separados pela parede de vasos sanguíneos, circulam, de um lado, o sangue materno e de outro, o sangue fetal. *Veja observação 1.*

As trocas entre a gestante e o feto resultam da diferença de concentração: se há mais glicose no sangue materno, esse monossacarídeo atravessa a placenta no sentido do feto; se há mais ureia no sangue fetal, ela atravessa a placenta no sentido contrário.

A travessia do O_2 pela placenta é um pouco mais complexa. Ao passar pelos pulmões da gestante, a hemoglobina presente nos glóbulos vermelhos do sangue materno recolhe o O_2 do ar. O sangue com alta saturação de O_2 distribui-se por todo o corpo da mulher e passa, inclusive, pelos vasos sanguíneos da placenta. Simultaneamente, do outro lado da barreira placentária, passa o sangue fetal, com menor saturação de O_2 .

No sangue dos seres humanos adultos, predomina a hemoglobina A (HbA), enquanto no sangue do feto predomina a hemoglobina F (HbF). Esses dois tipos de hemoglobina pouco diferem quanto à composição de aminoácidos; entretanto, a HbF tem afinidade pelo O_2 maior que a HbA. Sendo assim, quando ambas estão circulando pela placenta, separadas pela delgada parede dos vasos sanguíneos, as moléculas de HbF (do sangue fetal) conseguem “arrancar” o O_2 das moléculas de HbA (do sangue materno). *Veja observação 2.*

Depois do nascimento, iniciados os movimentos respiratórios, o bebê passa a recolher o O_2 do ar atmosférico. Gradativamente, sua medula óssea reduz a produção de glóbulos vermelhos com HbF e passa a produzir predominantemente glóbulos vermelhos com HbA, de maneira que, no adulto normal, apenas 0,5% da hemoglobina circulante é HbF.

Essa variação bioquímica é um importante mecanismo de adaptação: como cada tipo de hemoglobina possui diferente afinidade pelo O_2 , predomina em cada ambiente a variante mais eficiente.

Essa observação representou um desafio para os cientistas: sabendo-se que a mudança na disponibilidade de O_2 não altera o material genético (DNA) das células do feto, de que maneira elas se tornam capazes de produzir hemoglobinas diferentes? Em outras palavras, se a informação genética não se modifica, como os produtos gerados a partir dessa informação se modificam?

Constatações semelhantes, feitas em outros seres vivos, levaram os pesquisadores a questionar o verdadeiro sentido do comando exercido pelo DNA. Aparentemente, ele atua como um repositório de informações, e não como um controlador com poderes absolutos sobre a arquitetura e o funcionamento das células e dos organismos. As informações decorrentes do Projeto Genoma Humano corroboram essa hipótese.

Conclui-se que na relação entre o material genético e as características dos seres vivos há mais detalhes do que se suspeitava até bem pouco tempo.

2 – Revisões sobre alguns aspectos relacionados à hemoglobina estão disponíveis no portal Hemoglobinopatias (<<http://tub.im/cxpm9v>>); no artigo da **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapias** sobre hemoglobina humana (<<http://tub.im/2wxxmq9>>); no artigo publicado nos Anais do X encontro de iniciação científica UFMS sobre alterações hematológicas hereditárias (<<http://tub.im/dcmg32>>). Acessos em: fev. 2016.



Maria Sbytova/Shutterstock.com

O nascimento representa uma das radicais mudanças de ambiente — talvez a mais radical delas — que o ser humano experimenta durante toda a vida.

DNA e RNA, moléculas informacionais

É espantoso que todo o desconforto de um episódio gripal (**figura 1**) seja causado pelos vírus, parasitas diminutos formados por um envelope de proteínas, contendo material genético. Todos os vírus são parasitas intracelulares e causam diversas doenças em animais, plantas e em microrganismos. Quando um vírus ataca uma bactéria, por exemplo, apenas o conteúdo de seu envelope penetra na célula hospedeira, enquanto a cápsula proteica permanece do lado de fora. Alguns minutos depois, dentro da bactéria infectada, começam a surgir novas cápsulas proteicas virais. A célula bacteriana finalmente se rompe e libera dezenas de novos vírus (**figura 2**), que podem invadir outras células.

O material genético viral, que assume o controle da célula hospedeira e a leva a fabricar novos vírus, é um **ácido nucleico**, molécula que condiciona as características dos organismos e é transferida aos descendentes pela reprodução.



Katsumi Kashihara/AP/Glow Images

Figura 1. A partir de 2009, o mundo assistiu à expansão da gripe A (H1N1), que, pelo menos em princípio, se afigurou como potencialmente letal e levou muitas pessoas a usar máscaras protetoras nas atividades cotidianas. Na foto, passageiros em trem na cidade de Kobe, Japão, 2009.

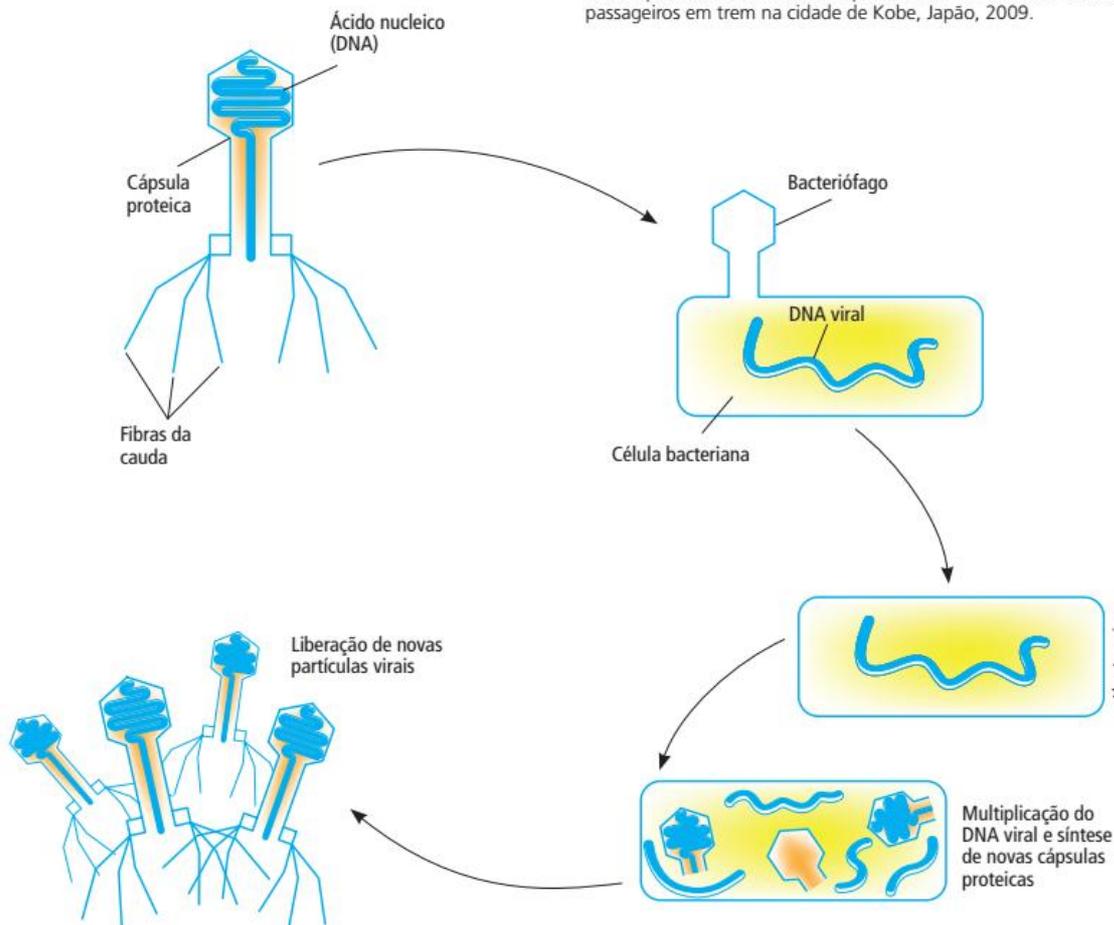


Figura 2. Em seu ciclo, o bacteriófago (vírus que ataca bactérias) liga-se à célula bacteriana por meio de fibras da cauda. Depois disso, inocula na bactéria o ácido nucleico, que determinará a formação de novos vírus. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Composição química dos ácidos nucleicos

Os ácidos nucleicos, que podem ser o DNA ou o RNA, relacionam-se com o **controle** da atividade e da estrutura das células e com os mecanismos da **hereditariedade**. O conhecimento sobre eles, principalmente a partir da segunda metade do século XX, foi o ponto de partida para a genética molecular e a engenharia genética.

Ácidos nucleicos são os maiores e mais complexos biopolímeros (moléculas resultantes do encadeamento de unidades mais simples) naturais. Como todas as macromoléculas orgânicas, os ácidos nucleicos são formados pela união de moléculas menores. Suas unidades constituintes são os **nucleotídios**, que, ligados entre si, formam longos filamentos.

Cada nucleotídeo é constituído pela união de um **grupo fosfato**, uma **pentose** e uma **base nitrogenada** (figura 3).

- **Grupo fosfato.** Origina-se do ácido fosfórico (H_3PO_4), por perda de átomos de hidrogênio.
- **Pentose.** As pentoses (monossacarídeos com cinco átomos de carbono) encontradas nos ácidos nucleicos são a **ribose** ($C_5H_{10}O_5$) e a **desoxirribose** ($C_5H_{10}O_4$). O nome desoxirribose indica que essa molécula é semelhante à ribose, mas com um átomo de oxigênio a menos.
- **Bases nitrogenadas.** As bases nitrogenadas são: adenina, guanina, timina, citosina e uracila. Têm estrutura em anel e contêm nitrogênio. Classificam-se em **púricas** e **pirimídicas** (figura 4).

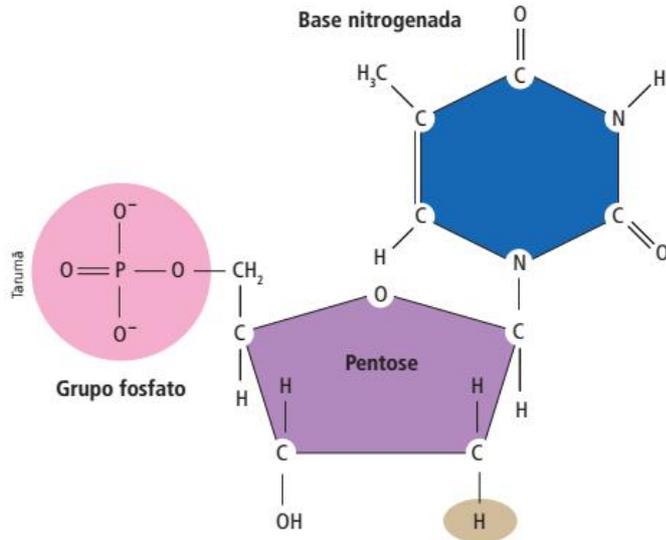


Figura 3. Fórmula estrutural de um nucleotídeo.

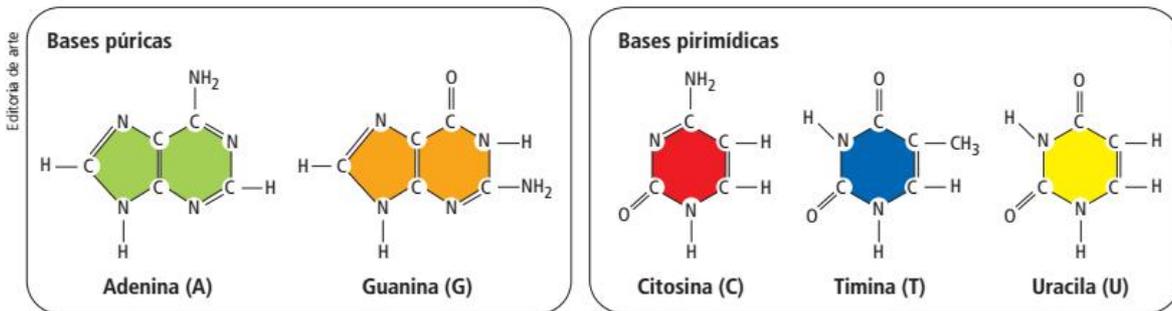


Figura 4. Fórmulas estruturais das bases nitrogenadas presentes nos nucleotídeos.

Embora um nucleotídeo possa ser formado por um grupo fosfato, por qualquer pentose e por qualquer base nitrogenada, não é o que se verifica nos nucleotídeos naturais.

O ácido desoxirribonucleico (DNA) é constituído por quatro tipos de nucleotídeos:

Tipo 1	Adenina	Desoxirribose	Fosfato
Tipo 2	Guanina	Desoxirribose	Fosfato
Tipo 3	Citosina	Desoxirribose	Fosfato
Tipo 4	Timina	Desoxirribose	Fosfato

A pentose do DNA é a desoxirribose (daí o nome ácido desoxirribonucleico). Em seus nucleotídeos não se encontra uracila.

O ácido ribonucleico (RNA) é constituído por quatro tipos de nucleotídeos:

Tipo 1	Adenina	Ribose	Fosfato
Tipo 2	Guanina	Ribose	Fosfato
Tipo 3	Citosina	Ribose	Fosfato
Tipo 4	Uracila	Ribose	Fosfato

A pentose do RNA é a ribose (por isso o nome ácido ribonucleico). Em seus nucleotídeos não se encontra timina.

Em uma cadeia polinucleotídica, as ligações se estabelecem entre o grupo fosfato de um nucleotídeo e a pentose do seguinte, com saída de uma molécula de água (o que é comum em polímeros orgânicos). As bases nitrogenadas unem-se ao filamento, ligando-se às pentoses.

Ácido desoxirribonucleico

A longa molécula do DNA armazena grande quantidade de informações. Ao ordenar a produção de proteínas, controla a estrutura e o funcionamento das células. Pode duplicar-se, gerando cópias de si mesma; todavia, ocasionalmente sofre mutações em sua sequência de nucleotídeos, as quais podem determinar a síntese de proteínas modificadas.

Nas células eucarióticas, a maior parte do DNA encontra-se associada a proteínas, no núcleo, como constituinte da **cromatina**, em filamentos denominados **cromossomos**. O DNA também pode ser encontrado no citoplasma (em mitocôndrias, em cloroplastos e associado aos centríolos).

▶ A dupla-hélice

Estudando a composição de nucleotídeos em moléculas de DNA de diferentes origens, Erwin Chargaff (bioquímico austríaco naturalizado norte-americano, 1905-2002) obteve os seguintes resultados (**tabela 1**):

Tabela 1. Proporções das bases nitrogenadas em moléculas de DNA de diferentes espécies (em %)				
	Adenina	Guanina	Citosina	Timina
Ser humano	30,4	19,6	19,9	30,1
Carneiro	29,3	20,7	20,8	29,2
Trigo	27,3	22,7	22,8	27,2
Bactéria <i>Escherichia coli</i>	24,7	26,0	25,7	23,6

Fonte: CHARGAFF, E. Chemical specificity of nucleic acids and mechanism of their enzymatic degradation. *Experientia*, 6, p. 201-209, 1950.

Depois de apresentar os dados da tabela 1, veja se os alunos são capazes de perceber as proporções relativas entre as quantidades de bases nitrogenadas $\left(\frac{A}{T} \text{ e } \frac{C}{G}\right)$.

Em todas as amostras, Chargaff constatou que aproximadamente 50% das bases eram púricas e 50% eram pirimídicas.

$$\text{Bases púricas} = A + G = 50\%$$

$$\text{Bases pirimídicas} = C + T = 50\%$$

A análise dos números mostrava outra relação importante, expressa desta forma:

$$A = T \text{ e } C = G, \text{ ou, ainda: } \frac{A}{T} = \frac{G}{C} = 1$$

Essa conclusão — uma das chaves que permitiram desvendar a estrutura da molécula de DNA — é conhecida como **relação de Chargaff**.

Quando o americano James D. Watson e o inglês Francis H. C. Crick (**figura 5**) começaram a imaginar um modelo para a molécula do DNA, eles já sabiam que:

- o DNA é uma longa molécula formada pela união de nucleotídeos;
- na molécula do DNA, as quantidades de adenina e timina, bem como as de guanina e citosina, são iguais;
- estudos com difração de raios X, feitos por Rosalind Franklin (1920-1958), mostravam a molécula do DNA com forma helicoidal.

Com base nessas constatações, propuseram o que viria a ser conhecido como **modelo de Watson e Crick**, que lhes garantiu o prêmio Nobel. Segundo esse modelo, a molécula de DNA é formada por duas cadeias de nucleotídeos ligadas entre si por pares de bases nitrogenadas, atraídas por ligações de hidrogênio. O pareamento sempre ocorre entre uma base púrica (adenina ou guanina) e uma base pirimídica (timina ou citosina, respectivamente), o que justifica a relação de Chargaff.

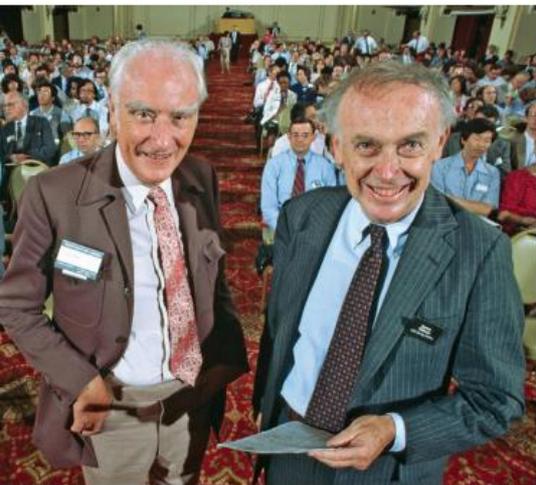


Figura 5. James Watson (à direita) e Francis Crick receberam, em 1962, o prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina por suas pesquisas com a estrutura do DNA. James Watson foi um dos coordenadores do Projeto Genoma Humano (PGH ou *Human Genome Project*), um dos mais ambiciosos projetos da história da ciência, cuja finalidade foi determinar a sequência de todos os nucleotídeos do DNA das células humanas.

A molécula apresenta-se torcida como uma **dupla-hélice** (ou escada em caracol), na qual os corrimãos são as sequências alternadas de fosfato e desoxirribose de cada cadeia de nucleotídios, e os degraus são os pares de bases nitrogenadas (**figura 6**).

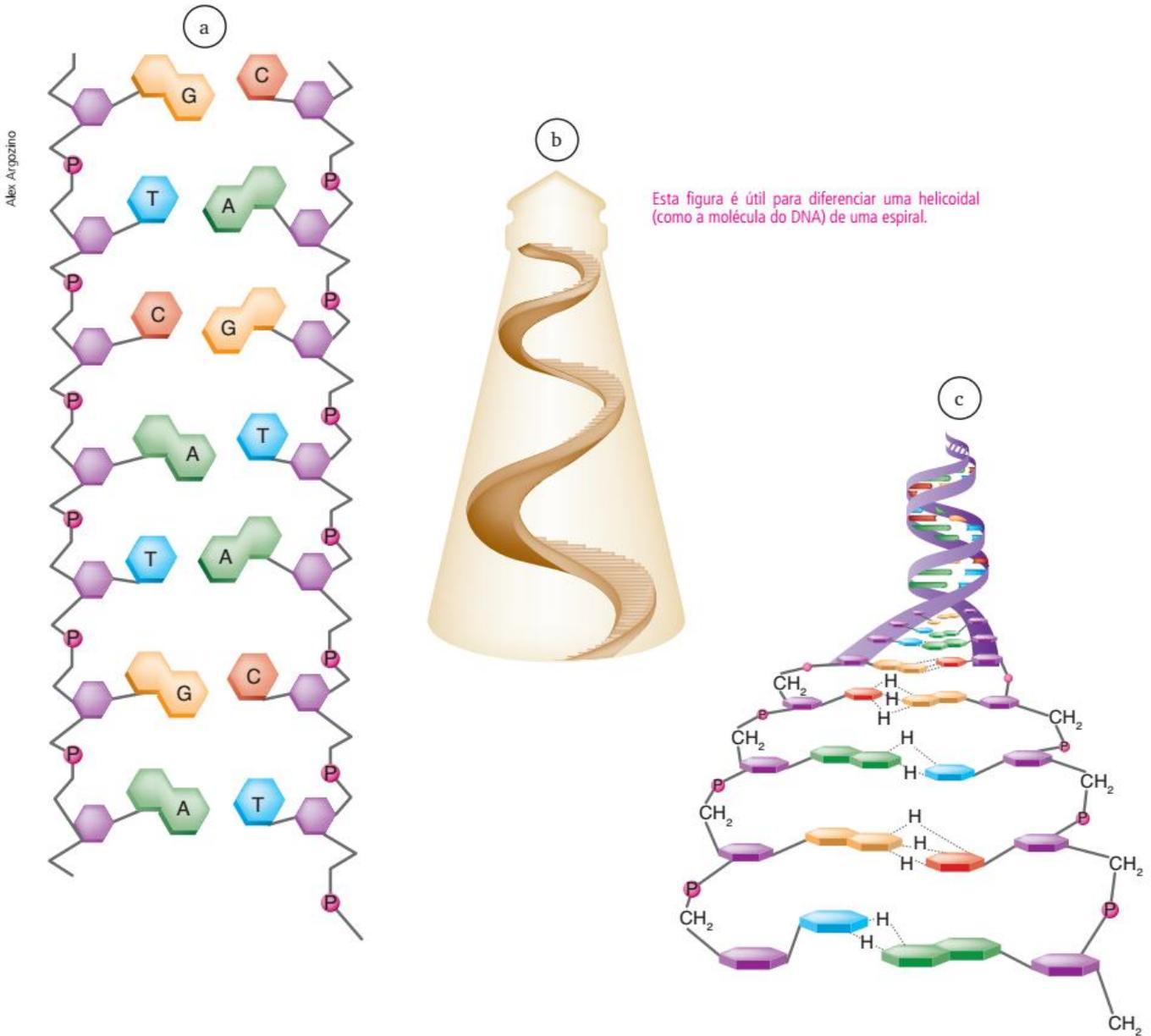


Figura 6. (a) Representação esquemática da molécula de DNA, com duas cadeias complementares de nucleotídios. O emparelhamento de bases ocorre sempre da mesma maneira: A com T e G com C. Se uma cadeia tiver a sequência GTCATGA, a cadeia complementar terá a sequência CAGTACT. (b) A escada em caracol ilustra a estrutura em dupla-hélice do DNA, esquematizada em (c). (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Alguns vírus podem conter moléculas de DNA com apenas 10 mil pares de nucleotídios, enquanto as moléculas do DNA de uma única célula humana possuem cerca de 3 bilhões de pares de nucleotídios (**tabela 2**), em filamentos que, se fossem esticados, teriam mais de 1,5 m de comprimento.

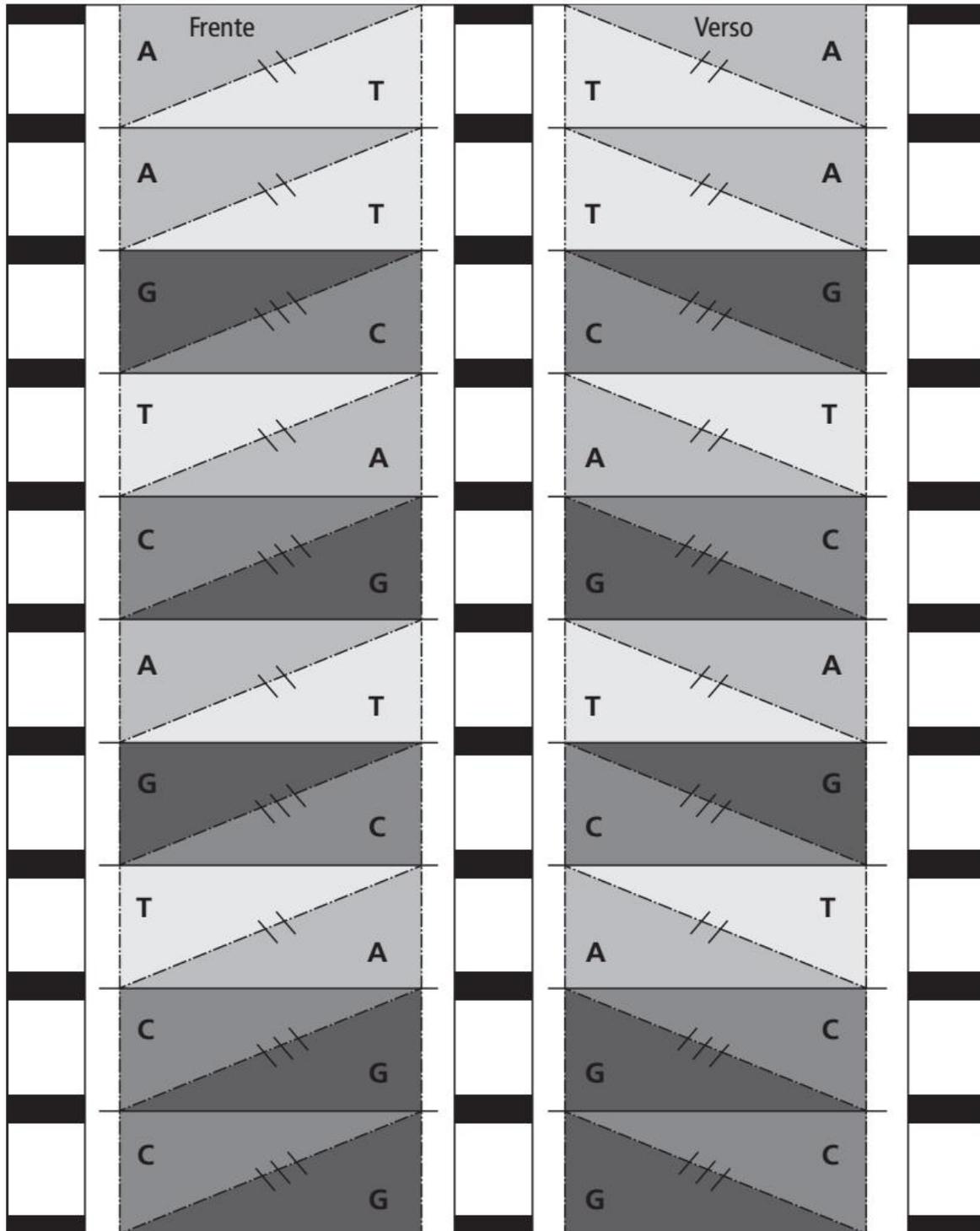
Tabela 2. Número de pares de nucleotídios no DNA de alguns organismos	
Bacteriófago	$4,6 \times 10^4$
Bactéria <i>Escherichia coli</i>	$4,1 \times 10^6$
Mosca-das-frutas	$3,6 \times 10^8$
Camundongo	$4,4 \times 10^9$
Ser humano	$3,0 \times 10^9$
Milho	$1,3 \times 10^{10}$

Fonte: KREUZER, H.; MASSEY, A. *Engenharia genética e biotecnologia*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

Atividade prática

Origami do modelo de DNA

Faça um modelo de DNA com o molde de *origami* abaixo. Copie-o em uma folha de papel e faça as dobraduras seguindo as orientações.



Fonte das informações: YEN, T. Make your own DNA. Trends in Biochemical Sciences, 1995, 20:94.

Dobra em forma de montanha —————

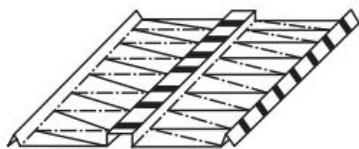
As linhas contínuas representam as “montanhas” e devem ser dobradas de forma que o ponto mais alto esteja voltado para você.

Dobra em forma de vale - - - - -

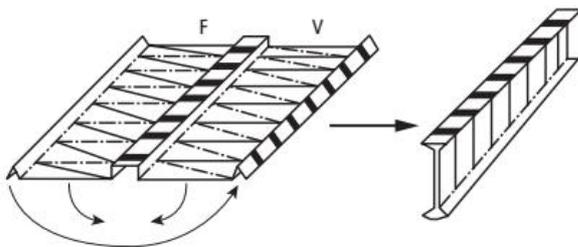
As linhas tracejadas representam os “vales” e devem ser dobradas de forma que a linha esteja afastada de você.

Fazendo o seu modelo de DNA

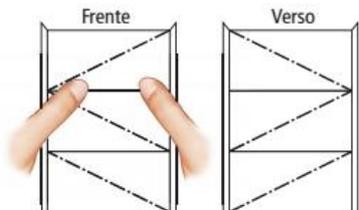
1. Remova as bordas brancas da página na qual você fez o seu modelo.
2. Dobre todas as linhas contínuas na direção do maior comprimento da página (dobras em forma de montanha). As dobras em forma de montanha são feitas ao longo das linhas contínuas.
3. Dobre todas as linhas tracejadas na direção do maior comprimento da página (dobras em forma de vale). As dobras em forma de vale são feitas ao longo das linhas tracejadas. Ao final das etapas 2 e 3, o papel deve ter uma aparência semelhante a este modelo:



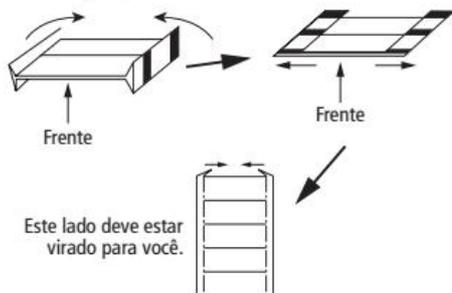
4. Junte os dois lados do modelo, similar a uma viga em "I".



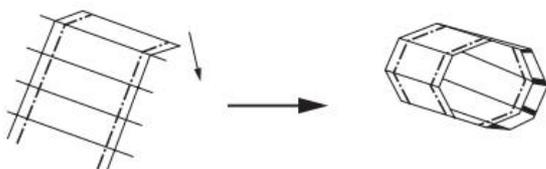
5. Procure pelas palavras "frente" e "verso" na parte superior do seu modelo. Segure o modelo com a parte frontal voltada para você.



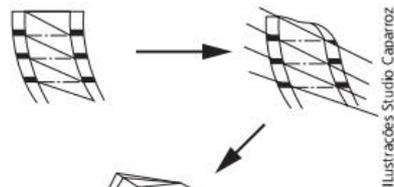
6. Dobre os dois lados do modelo de DNA de modo que o lado frontal fique plano.



7. Dobre em forma de montanha.



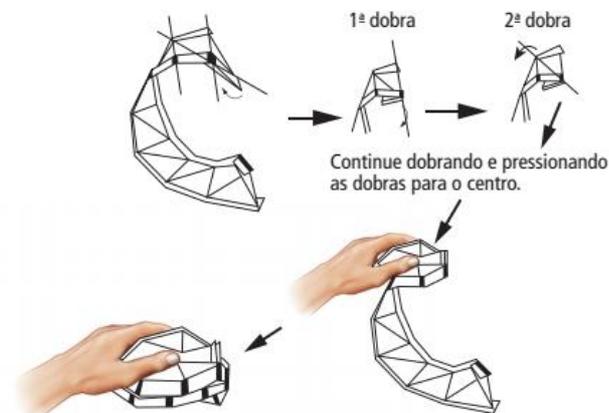
8. Vire o modelo para o lado do verso. Vinque cada linha diagonal na direção da dobra em forma de montanha.



O seu modelo deve estar assim.

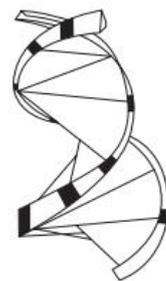
9. Dobre todos os vincos nas direções das dobras apresentadas nos passos 6 e 7.

O seu modelo se dobrará como uma sanfona. Enquanto você estiver dobrando, pressione o meio do modelo para manter todas as partes juntas, conferindo um formato cilíndrico. Dobre todos os vincos como uma sanfona. (As linhas pontilhadas no item 5 podem ajudar.)



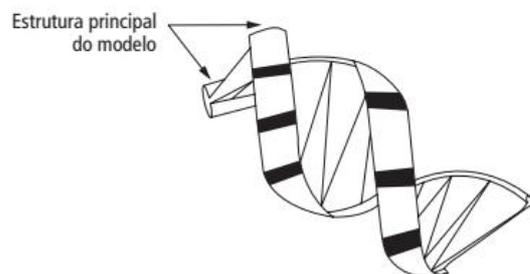
Ao terminar de dobrar, o modelo deve se assemelhar ao diagrama acima. Você deve ser capaz de segurar seu modelo com uma mão.

10. Solte o modelo. Você deve notar o formato da dupla-hélice.



11. Endireite os lados do modelo do DNA (a estrutura principal do DNA) para torná-los perpendiculares aos vincos centrais (como no passo 3).

Tome cuidado para não deixar o formato espiral se desfazer. Ajeite o seu modelo de DNA, arrumando todos os vincos. Isso ajudará a manter o formato espiral que ele apresenta.



▶ Replicação do DNA

Uma das mais importantes propriedades do DNA é a sua capacidade de duplicação — chamada **replicação** —, porque permite a continuidade do material genético de uma célula para outra durante a divisão celular, ou de uma geração para outra pela reprodução. A replicação do DNA é catalisada por um complexo enzimático denominado **complexo helicase-polimerase**.

Embora muito usada, a palavra **autoduplicação** não é correta, pois o DNA não é autossuficiente para executá-la. A replicação do DNA ilustra bem o intrincado relacionamento entre diversos componentes e moléculas existentes na célula. A replicação resulta da interação entre o próprio DNA, o RNA, proteínas estruturais às quais o DNA se encontra ligado, enzimas e outras moléculas. Além disso, o processo não ocorre sem a “matéria-prima” necessária: os nucleotídeos que farão parte das novas moléculas de DNA.

Durante a replicação, a enzima **helicase** rompe as ligações de hidrogênio entre as bases, separando as duas cadeias; ao mesmo tempo, a enzima **polimerase** utiliza a sequência de nucleotídeos de cada cadeia como molde para a montagem de uma nova, respeitando o pareamento das bases: diante de uma

adenina, a enzima coloca um nucleotídeo com timina; diante de uma citosina, ela coloca um nucleotídeo com guanina. Completando o processo, formam-se duas moléculas de DNA (**figura 7**). Em cada uma das moléculas, uma das cadeias é recém-formada, e a outra é remanescente da molécula original; por isso a replicação é chamada de **semiconservativa**.

Sendo a molécula do DNA tão complexa, podem ocorrer erros em sua duplicação. As células contam com sistemas enzimáticos capazes de detectar esses erros e repará-los, mas eles também podem falhar.

Consideremos três fatos:

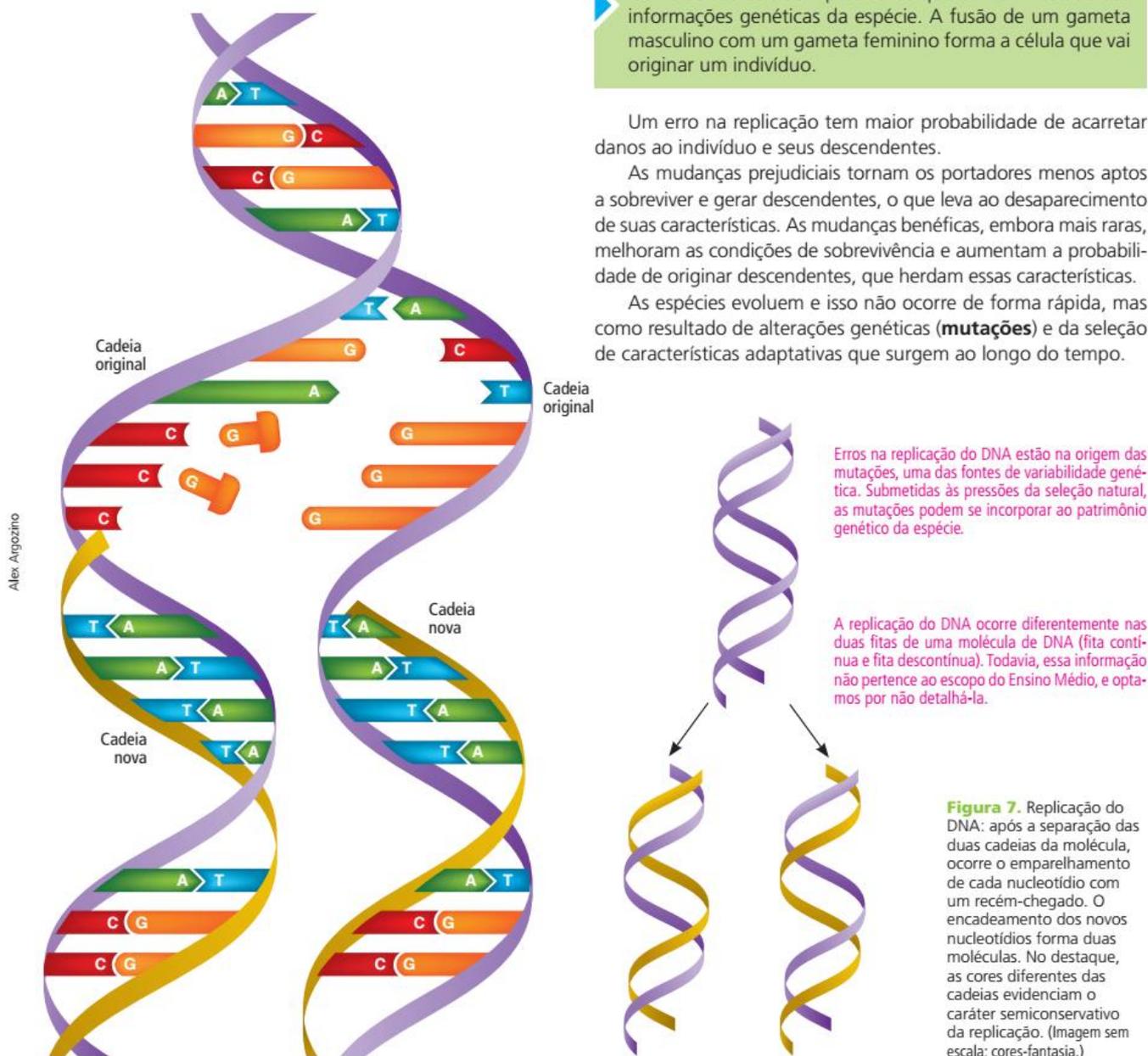
- o material genético contém informações selecionadas e preservadas ao longo de milhões de anos de evolução;
- erros na replicação do DNA podem ocorrer em qualquer trecho do material genético;
- caso ocorra em células produtoras de gametas, a alteração na informação genética poderá ser transmitida aos descendentes.

▶ Gametas são células reprodutivas que contêm metade das informações genéticas da espécie. A fusão de um gameta masculino com um gameta feminino forma a célula que vai originar um indivíduo.

Um erro na replicação tem maior probabilidade de acarretar danos ao indivíduo e seus descendentes.

As mudanças prejudiciais tornam os portadores menos aptos a sobreviver e gerar descendentes, o que leva ao desaparecimento de suas características. As mudanças benéficas, embora mais raras, melhoram as condições de sobrevivência e aumentam a probabilidade de originar descendentes, que herdam essas características.

As espécies evoluem e isso não ocorre de forma rápida, mas como resultado de alterações genéticas (**mutações**) e da seleção de características adaptativas que surgem ao longo do tempo.



Trio que descobriu mecanismos de reparo do DNA leva Nobel de Química

*Eles são Paul Modrich (EUA), Aziz Sancar (Turquia) e Tomas Lindahl (Suécia).
Descobertas ajudaram a entender o surgimento de alguns tipos de câncer.*

O Prêmio Nobel de Química de 2015 foi para três pesquisadores que descobriram mecanismos biomoleculares naturais que reparam erros no DNA, a molécula que contém as informações para o desenvolvimento e funcionamento dos seres vivos.

[...]

O DNA é uma molécula relativamente instável e sua composição pode ser danificada por raios ultravioleta, por substâncias tóxicas e pelo próprio processo de duplicação, que envolve uma química sofisticada.

Os cientistas que receberam o Nobel de Química neste ano descobriram mecanismos que existem em praticamente todos os seres vivos e servem como "caixas de ferramentas" naturais para consertar esses defeitos que surgem espontaneamente.

[...]

A estrutura do DNA foi descoberta em 1953, e, até a década de 1970, cientistas ainda acreditavam que ele fosse uma molécula estável. Trabalhos de Lindahl, porém, mostraram que o DNA era tão frágil que tornaria impossível a existência da vida sem um meio de proteção. O próprio sueco passou a investigar

o problema e descobriu um mecanismo chamado de "reparação por excisão de base", que fica em alerta para erros na cópia das bases nitrogenadas que compõem as "letras" do código do DNA.

Esse processo, porém, não dava conta de explicar toda a estratégia da molécula para se manter estável. Sancar, então, passou a estudar danos que os raios ultravioleta causam aos cromossomos. Ele descobriu o "reparo por excisão de nucleotídeo", que detecta danos extraídos em pedaços maiores da molécula. [...] Pessoas que nascem com defeitos congênitos nesse sistema de reparo são extremamente susceptíveis a câncer de pele.

Modrich, por sua vez, descobriu um sistema batizado de "reparo de pareamentos errados" (*mismatch repair*), que detecta erros de cópia quando o DNA é replicado para a divisão celular. Problemas nesse mecanismo também estão ligados a alguns tipos de câncer.

Os mecanismos descobertos pelos pesquisadores estão todos ligados a enzimas, proteínas que promovem reações bioquímicas, produzidas pelos organismos. Elas são capazes de detectar erros

no DNA, remover partes da molécula, e recolocar as peças faltantes.

[...]

[Lindahl] ressaltou a importância do estudo dos mecanismos de reparos de DNA para o desenvolvimento de medicamentos.

"Drogas contra o câncer frequentemente agem danificando o DNA da célula tumoral para tentar matá-la, e a célula tumoral reage tentando reparar seu DNA", explicou. "É uma faca de dois gumes: somos gratos por ter reparo de DNA, mas não nos agrada que as células tumorais o tenham também. Temos de compreender esses mecanismos para que possamos fornecer boas terapias seletivamente."

[...]

O pesquisador [Sancar] disse acreditar que a importância dos mecanismos de reparo de DNA para pesquisas de prevenção e tratamento do câncer foram o fator primordial na decisão do Nobel em premiar sua linha de pesquisa.

Trio que descobriu mecanismos de reparo do DNA leva Nobel de Química. **Portal G1**, 7 out. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/10/trio-que-descobriu-mecanismos-de-reparo-do-dna-leva-nobel-de-quimica.html>>. Acesso em: jan. 2016.

Atividades

Escreva
no caderno

Depois de ler a notícia, faça o que está proposto a seguir.

1. O que há em comum entre as linhas de pesquisa dos três vencedores do prêmio Nobel de 2015?
2. Comente a veracidade da afirmativa: "Apesar da importância teórica das descobertas sobre os mecanismos de reparo do DNA, ainda não se vislumbra aplicação prática para elas".
3. Associe a notícia à charge a seguir.



Lightspring/Shutterstock.com

Na reação em cadeia da polimerase, além da presença do DNA, da polimerase e de nucleotídeos isolados, também são necessários os *primers*, pequenos polinucleotídeos inicializadores.

▶ PCR, instrumento da moderna biotecnologia

A análise do material genético (DNA) obtido de materiais biológicos é útil em numerosas situações, entre as quais investigação de paternidade, identificação de corpos ou de materiais orgânicos (sangue, cabelos, esperma, fragmentos de pele etc.), detecção e identificação de agentes infecciosos (como vírus e bactérias), diagnóstico de doenças hereditárias e elaboração de árvores filogenéticas (ou “árvores evolutivas”). Em muitos casos, no entanto, a quantidade de DNA disponível é insuficiente para a análise. Quando isso acontece, é possível utilizar uma técnica que multiplica a quantidade de DNA obtida.

Tal técnica baseia-se em certas características de um grupo surpreendente de organismos: as **bactérias termofílicas**, capazes de sobreviver em fontes termais com temperaturas muito elevadas. Em 1983, estudando as bactérias termofílicas, o bioquímico norte-americano Kary Mullis (prêmio Nobel de Química, em 1993) desenvolveu a **reação em cadeia da polimerase (PCR)**, do inglês *polymerase chain reaction*, técnica de replicação em série, que acelera a multiplicação de DNA.

Em poucas palavras, a solução contendo o DNA a ser replicado é inicialmente aquecida, o que provoca a desnaturação da molécula, cujas cadeias se separam. Em seguida, nucleotídeos livres emparelham-se com os complementares em cada uma das cadeias recém-separadas. Finalmente, a enzima **Taq-polimerase** — uma DNA-polimerase resistente a altas temperaturas, obtida de bactérias termofílicas — une os nucleotídeos, formando uma cadeia complementar junto a cada cadeia antiga. É dessa forma que surgem duas moléculas de DNA idênticas. O ciclo pode ser repetido aproximadamente a cada cinco minutos.

Atualmente essa reação é realizada em equipamentos automatizados que, em algumas horas, podem aumentar em mais de um milhão de vezes a quantidade de DNA disponível na amostra original. *Evidencie o papel da reação em cadeia da polimerase na identificação de DNA obtido a partir de amostras muito pequenas.*

Ácido ribonucleico

No núcleo das células, o RNA é encontrado livre, associado ao DNA ou constituindo os nucléolos. No citoplasma, o RNA pode estar livre no citosol, ser constituinte dos ribossomos ou estar reversivelmente associado a eles.

A molécula do RNA é uma cadeia única, que pode formar dobras mantidas por ligações de hidrogênio entre suas bases nitrogenadas.

Existem três tipos básicos de RNA, com diferentes atuações na síntese de proteínas:

- **RNA mensageiro (RNAm)**. Molécula de tamanho variável, sintetizada a partir de uma das duas cadeias do DNA que lhe serve de molde; contém as informações para a síntese de proteínas.
- **RNA transportador (RNAt)**. Constituído por uma cadeia de nucleotídeos dobrada sobre si mesma, com aspecto de folha de trevo; transporta aminoácidos até os ribossomos.
- **RNA ribossômico (RNAr)**. Componente estrutural dos ribossomos, associado a proteínas.

Tabela 3. Diferenças entre DNA e RNA

	DNA	RNA
Pentose	Desoxirribose	Ribose
Bases pirimídicas	Citosina e timina	Citosina e uracila
Cadeias	Duas, geralmente	Uma, geralmente
Localização	Principalmente no núcleo	Núcleo e citoplasma
Função	Hereditariedade e controle da estrutura e da atividade celular	Síntese de proteínas

▶ Transcrição

A produção do RNA é chamada **transcrição** e é catalisada pela enzima **RNA-polimerase**. Por ruptura das ligações de hidrogênio, as duas cadeias da molécula do DNA separam-se entre dois determinados pontos. As bases dos nucleotídios do RNA (A, G, C, U) emparelham-se a suas complementares em uma das cadeias do DNA (T, C, G, A, respectivamente), e os nucleotídios unem-se por ação da enzima RNA-polimerase, formando RNA (**figura 8**). No final do processo, a molécula do RNA desprende-se, e restabelecem-se as ligações de hidrogênio entre as duas cadeias do DNA.

Como já foi visto, o RNA não apresenta timina (T); por isso, no momento da transcrição, é a base uracila (U) do RNA que se associa à base adenina (A) do DNA.

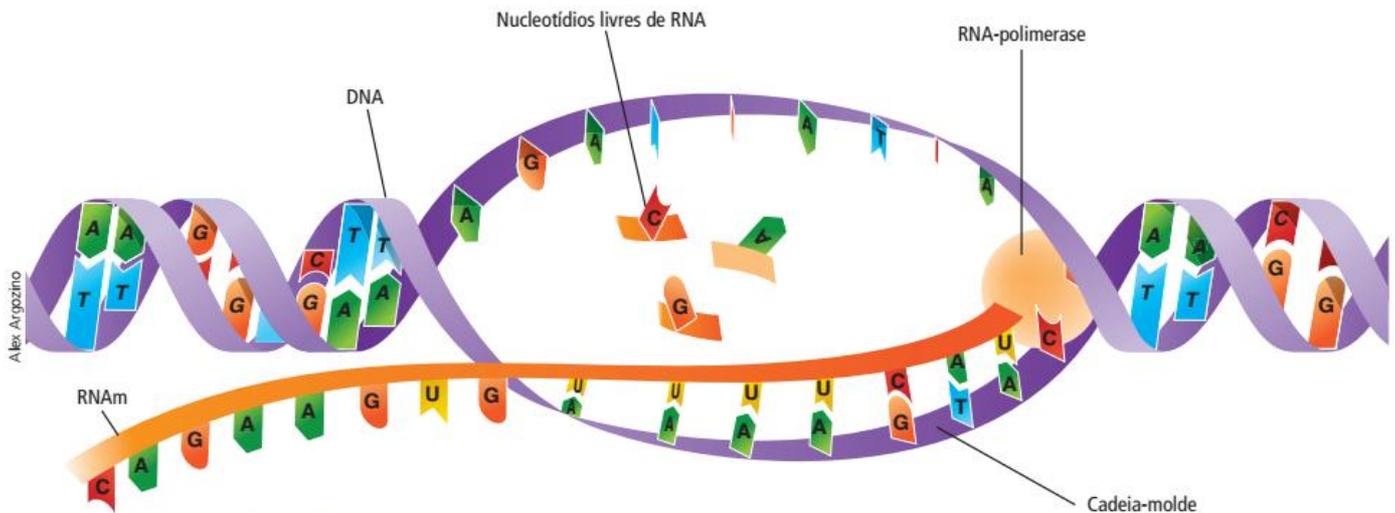


Figura 8. Esquema da transcrição: após a separação das cadeias da molécula do DNA, ocorre a produção do RNA a partir da cadeia-molde de DNA. O RNA, então, se desprende, e o DNA é reconstituído. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Ação gênica

O **material genético**, presente nos cromossomos, participa da determinação de características de forma e funcionamento dos organismos e é transmitido aos descendentes na reprodução.

Existem doenças, denominadas **erros inatos do metabolismo**, cujas manifestações se devem à ausência de determinada enzima. Na **fenilcetonúria**, por exemplo, falta uma enzima que participa do metabolismo do aminoácido fenilalanina (**figura 9**). O resultado é o acúmulo de fenilalanina e de seus derivados, que se manifesta por deficiência de pigmentação da pele e dos cabelos, retardo mental e lesões nos rins. Há muito tempo, sabe-se do caráter hereditário da doença, que levou cientistas a correlacionar, pela primeira vez, hereditariedade e enzimas.



Figura 9. Muitos produtos dietéticos contêm alerta sobre a presença da fenilalanina. Pessoas com fenilcetonúria não devem ingerir esses produtos.

Para aprofundar a discussão sobre o conceito de gene, recomendamos as seguintes leituras:

- EL-HANI, C. N. Between the cross and the sword: The crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**, Vol. 30, n. 2, 2007 (disponível em <<http://tub.im/ty44zv>>, acesso em: maio 2016).
- JOAQUIM, M.J.; EL-HANI, C. N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientia Studia**, vol. 8, n. 1, 2010 (disponível em <<http://tub.im/ncihug>>, acesso em: maio 2016).
- SHAPIRO, J. A. Revisiting the Central Dogma in the 21st Century. **Natural Genetic Engineering and Natural Genome Editing**, 1178, 2009 (disponível em <<http://tub.im/vncbf7>>, acesso em: maio 2016).
- WAIZBORT, R; SOLHA, G. C. Os genes interrompidos: o impacto da descoberta dos introns sobre a definição de gene molecular clássico. **Revista da SBHC**, vol. 5, n. 1, 2007 (disponível em <<http://tub.im/dh35ph>>, acesso em: maio 2016).

Ao lado da visão genética clássica do gene como **unidade estrutural** (porção de material genético capaz de controlar uma característica), surgia outra, a do gene como **unidade molecular e funcional** (porção de DNA que codifica a produção de uma enzima).

Um gene → Uma enzima

O conceito clássico de gene vem sendo questionado nos últimos anos, particularmente a partir das informações decorrentes da decifração dos genomas, inclusive do genoma humano.

Como nem todas as proteínas são enzimas, desenvolveu-se um conceito mais abrangente: **um gene** é uma porção de DNA que codifica um polipeptídeo, que pode ser enzima, proteína estrutural, hormônio etc.

Um gene → Um polipeptídeo

Todavia, sabe-se que o RNA pode ter papel estrutural (por exemplo, nos ribossomos) ou mesmo atuar como catalisador (as ribozimas). Assim, o conceito de gene ampliou-se mais uma vez, e uma porção de DNA que codifica a síntese de RNA (ainda que não se traduza na produção de um polipeptídeo) também foi incluída nesse conceito.

O portal do Projeto Genoma Humano¹ define gene como uma sequência ordenada de nucleotídeos que codifica um produto funcional específico (isto é, uma proteína ou uma molécula de RNA).

Um gene → Um produto funcional (polipeptídeo ou RNA)

Essa associação estabeleceu a relação entre material genético, produto (polipeptídeo ou RNA) e função (determinação de uma característica) em um **fluxo unidirecional** da informação genética. Em outras palavras, **um gene** (segmento de DNA) codifica a síntese de **um produto funcional** (polipeptídeo ou RNA) que determina a manifestação de **uma característica**.

Um gene → Um produto funcional → Uma característica

► Transferência de informações

O gerenciamento exercido pelo DNA passa pelo controle da produção de polipeptídeos: ao participar da síntese de uma proteína, o DNA pode agir, indiretamente, sobre alguma característica do organismo relacionada àquela proteína. Cor dos olhos, dos cabelos e da pele, grupo sanguíneo, altura, tolerância à lactose, entre outras, são características hereditárias associadas a proteínas específicas.

As primeiras ideias a respeito da maneira como o DNA participa do controle da síntese de proteínas sugeriam que a molécula de DNA servisse de molde para a formação das proteínas. Essa hipótese foi abandonada pela impossibilidade de se conseguir o encaixe molecular entre o “molde” e o “produto”. Não há ajuste espacial possível entre o DNA e os aminoácidos, o que seria obrigatório, considerando o DNA como molde e os aminoácidos como as unidades formadoras das proteínas.

¹ Human Genome Project Information Archive. Disponível em: <<http://tub.im/7pagy9>>. Acesso em: fev. 2016.

A descoberta do RNA mensageiro (RNAm) — que deu o prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina aos franceses François Jacob (1920-2013), Jacques Monod (1910-1976) e André Lwoff (1902-1994) — estabeleceu o vínculo entre o DNA e os ribossomos. Na **transcrição** (figura 10), uma das cadeias do DNA serve de molde para a produção de uma cadeia de RNAm, cuja sequência de bases é complementar à da cadeia de DNA da qual se originou. A sequência de nucleotídeos do RNAm **não é igual** da cadeia-molde do DNA, mas **complementar** a ela. A sequência de bases do RNAm determina a ordem em que os aminoácidos vão se ligar na formação da proteína, sendo a leitura realizada pelos ribossomos.

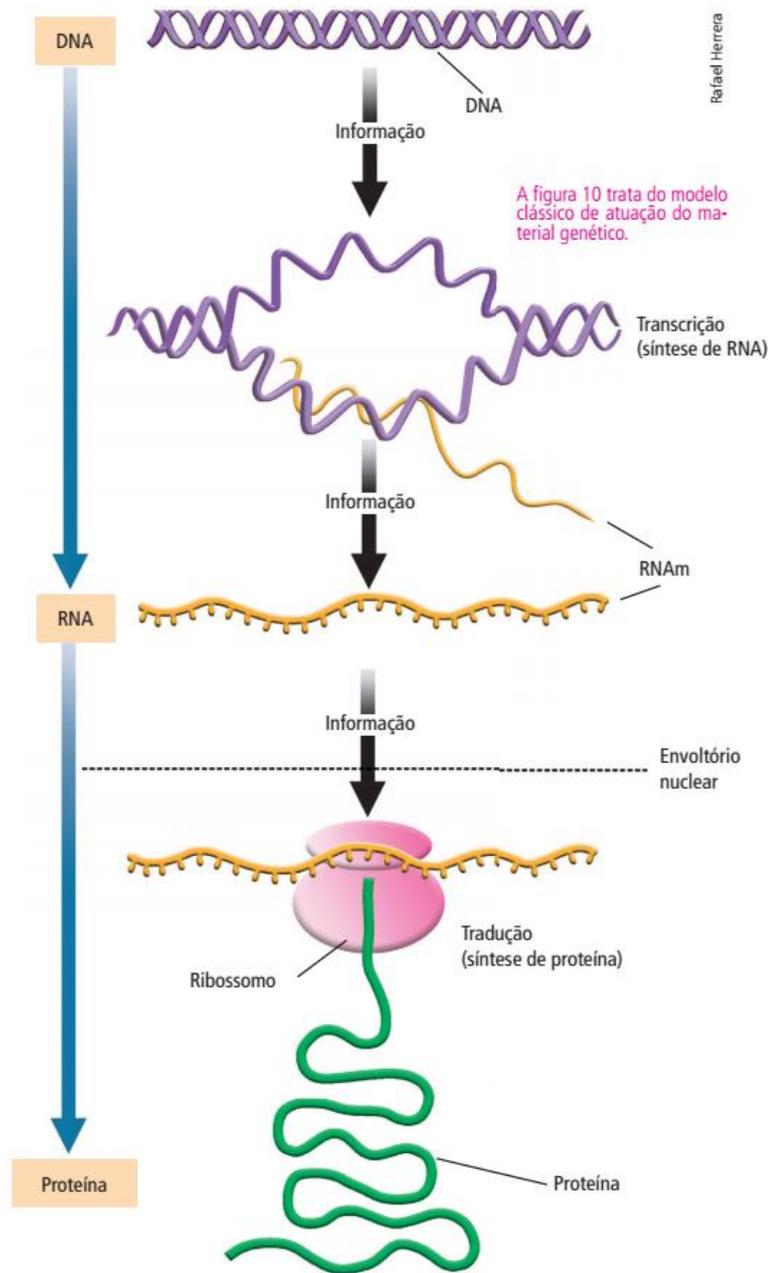


Figura 10. Representação esquemática dos processos de transcrição e de tradução. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ Ribossomos

A produção de proteínas é realizada nos ribossomos. Nas células procarióticas, eles estão dispersos no citoplasma; nas eucarióticas, encontram-se aderidos à face externa do envoltório nuclear e na face citoplasmática das membranas do retículo endoplasmático, formando o **retículo endoplasmático granuloso**, bastante desenvolvido nas células que produzem proteínas de exportação, ou seja, que serão usadas fora da célula.

Existem ribossomos livres, dispersos no citosol, responsáveis pela produção de proteínas para uso interno, como as relacionadas com o crescimento celular e as enzimas intracelulares. Ribossomos também podem ser encontrados no interior de cloroplastos e de mitocôndrias.

Os ribossomos são constituídos por **duas subunidades** de tamanhos diferentes, ambas formadas por RNA ribossômico e proteínas.

Sintetizando proteínas

A longa fita de nucleotídeos do RNAm orienta os ribossomos como fabricar uma proteína específica, e as palavras formadas nessa linguagem devem ser suficientes para nomear os 20 aminoácidos existentes. Portanto, ela deve incluir pelo menos 20 palavras diferentes.

As instruções fornecidas aos ribossomos indicam os **tipos** de aminoácidos que a proteína conterá, a **quantidade** de aminoácidos de cada tipo e em que **ordem** eles devem ser ligados.

No início da década de 1960, demonstrou-se que **cada aminoácido é codificado por uma trinca de bases**.

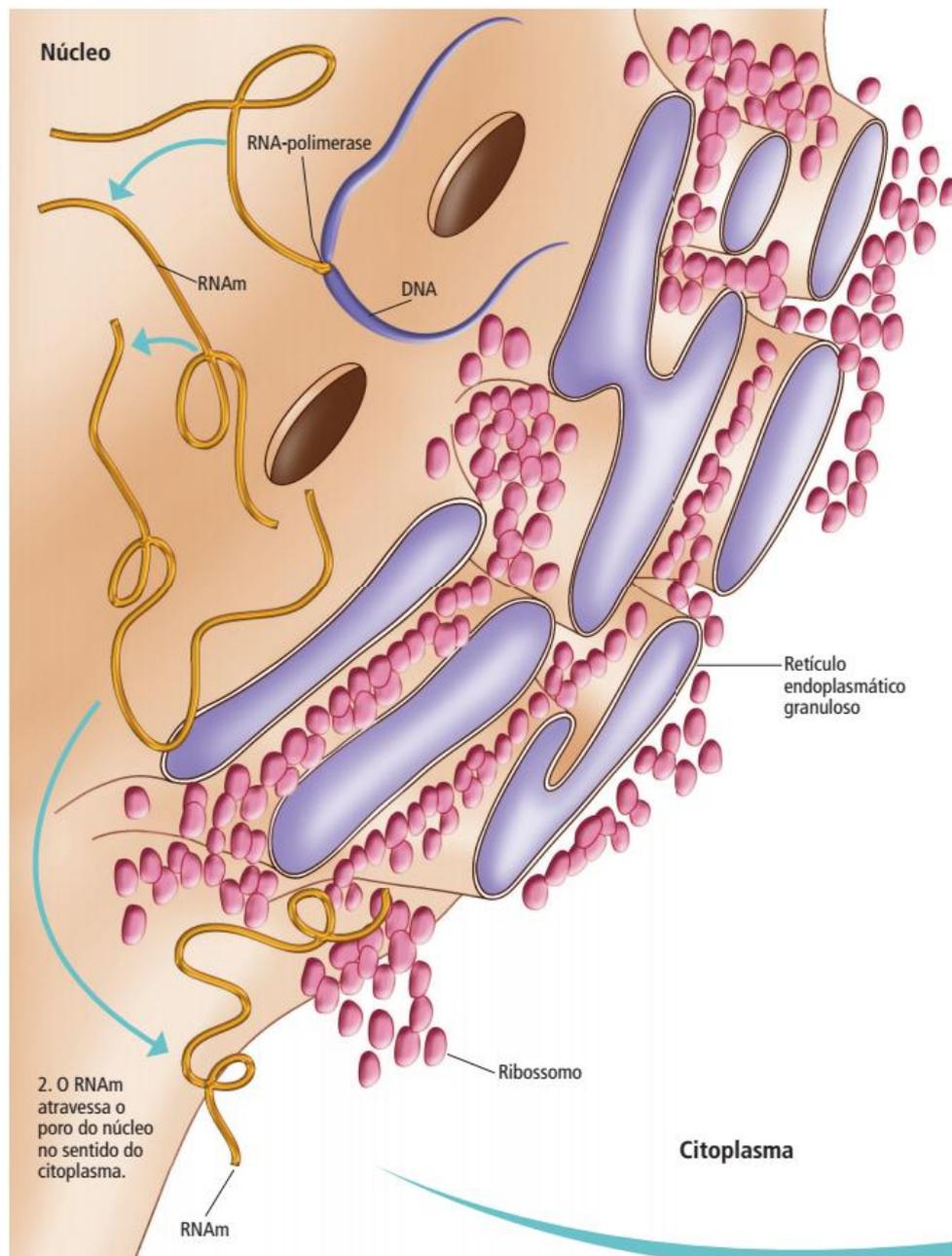
No RNAm, cada grupo de **três bases** que codifica **um aminoácido** é chamado **códon**. Dessa maneira, uma proteína com cem aminoácidos tem sua produção comandada por um segmento de RNAm com 300 bases, ou seja, 100 códons.

O código empregado nesse processo, ou seja, a correlação entre os códons e os aminoácidos, é conhecido como **código genético**.

Nas células eucarióticas, a molécula de RNAm é sintetizada no núcleo, transcrevendo a sequência de bases de uma cadeia de DNA. Pelos grandes poros do envoltório nuclear, o RNAm passa para o citoplasma.

No citoplasma, o RNAm liga-se a ribossomos, que dão início à **tradução (figura 11)**, que é a síntese de proteínas baseada na leitura das mensagens codificadas no RNAm. Quando um ribossomo se desloca ao longo do RNAm, a cada sequência de três bases, uma molécula de RNA transportador (RNAt), com um aminoácido preso a ela, liga-se momentaneamente ao códon por seu **anticódon**, que é uma sequência de três bases complementares às do códon.

1. No núcleo acontece a transcrição do DNA com a formação do RNAm.



2. O RNAm atravessa o poro do núcleo no sentido do citoplasma.

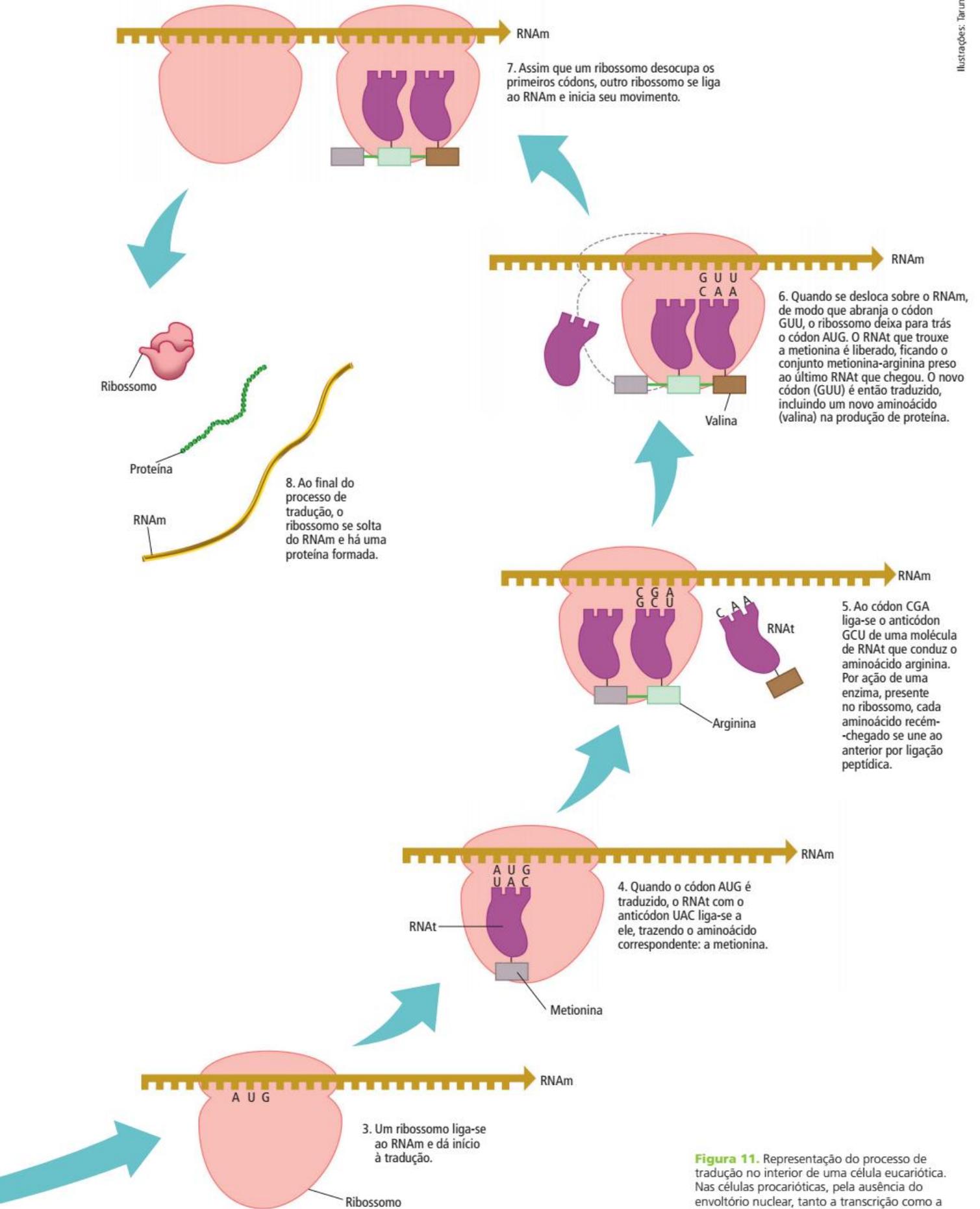


Figura 11. Representação do processo de tradução no interior de uma célula eucariótica. Nas células procarióticas, pela ausência do envoltório nuclear, tanto a transcrição como a tradução ocorrem no citoplasma. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Código genético, uma linguagem universal

Na segunda metade do século XX, tais quais arqueólogos decifrando uma escrita antiga, cientistas puseram-se a traduzir o código genético, estabelecendo a relação entre cada códon e o aminoácido que ele codifica.

O primeiro e fundamental passo foi dado pelo bioquímico norte-americano Marshall W. Nirenberg (1927-2010), ganhador do prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1968. Ao misturar extratos celulares da bactéria *Escherichia coli* com RNA de diferentes origens, ele demonstrou que os ribossomos podem produzir proteínas, mesmo que a mensagem recebida seja de um RNAm de outro organismo. Até o material genético de vírus era traduzido pelos ribossomos das bactérias.

Outra observação importante foi a de que ribossomos de diferentes origens, traduzindo o mesmo RNAm, produzem a mesma proteína. Assim, verificou-se que o código genético é virtualmente **universal**, isto é, os mesmos códons, em diferentes organismos, codificam os mesmos aminoácidos. A universalidade do código genético é mais um forte argumento a favor de uma origem comum para toda a vida na Terra.

Constituem exceções à universalidade do código genético os ribossomos encontrados no interior de mitocôndrias e de cloroplastos, além de ribossomos de protozoários, em que determinados códons são lidos de maneira diferente.

Em 1961, Nirenberg começou a decifrar o código genético ao produzir uma cadeia de RNAm usando apenas o uracila-nucleotídeo. O Poli-U, como ficou conhecido, era uma sequência de códons UUU, que, em contato com extratos celulares de *Escherichia coli*, produzia um polipeptídeo formado exclusivamente pelo aminoácido fenilalanina. Nirenberg concluiu que o códon UUU se relacionava com fenilalanina. Posteriormente, houve um detalhado trabalho de decifração dos outros 63 códons.

Um vocabulário com sinônimo

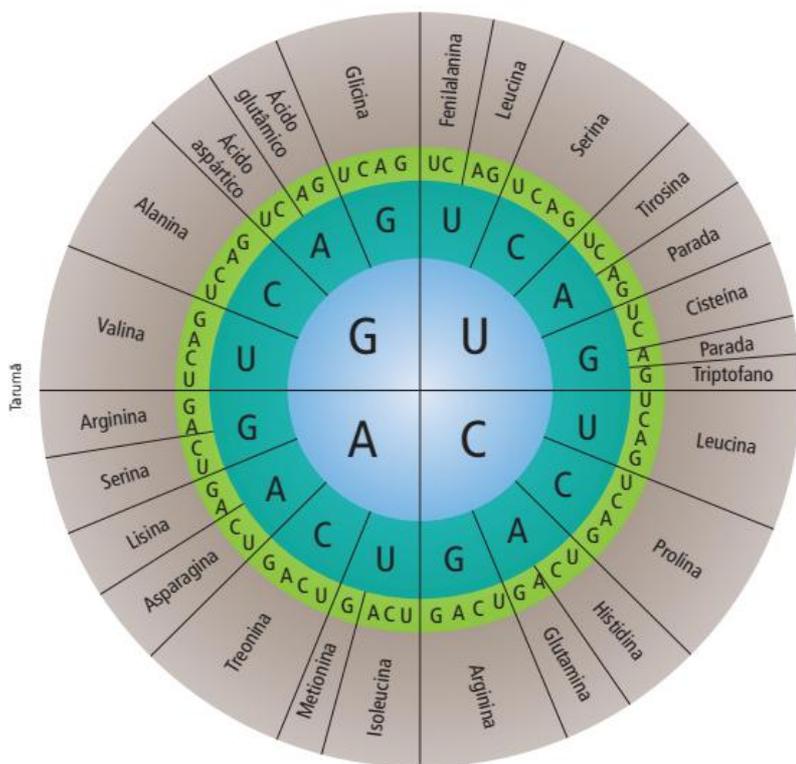
Os quatro tipos de base podem combinar-se em grupos de três, formando 64 combinações possíveis. Destas, 61 codificam os 20 aminoácidos existentes. Durante a decifração do código genético, verificou-se que as três trincas restantes — UAA, UAG e UGA — designam **parada** (figura 12), ou seja, não codificam nenhum aminoácido, mas agem como “pontuações”, que encerram o movimento do ribossomo ao longo do RNAm, liberando a proteína concluída.

Observou-se, também, que códons diferentes podem codificar o mesmo aminoácido: tanto o códon UAU como o UAC, por exemplo, codificam a tirosina. Apenas os aminoácidos metionina e triptofano possuem, cada um, somente um códon correspondente.

Devido a essa redundância dos códons, costuma-se dizer que o código genético é **degenerado**. Embora o adjetivo “degenerado” tenha um sentido negativo, indesejado, supõe-se que a redundância do código genético seja um fator de proteção contra efeitos danosos de eventuais alterações na sequência de nucleotídeos.

Tomemos como exemplo o códon AGC, que identifica o aminoácido serina. Se a última base for substituída por uma guanina, será formado o códon AGG, que modifica o aminoácido codificado para arginina. Todavia, se essa base for substituída por uma uracila, o códon resultante (AGU) continuará codificando a serina (figura 13).

Conclui-se que a alteração de um nucleotídeo na molécula de RNAm, que reflete uma mudança no DNA, não modifica obrigatoriamente o aminoácido incluído na proteína, a qual pode continuar exercendo normalmente sua função no organismo.



- Primeiro nucleotídeo
- Segundo nucleotídeo
- Terceiro nucleotídeo
- Aminoácido correspondente

Com o auxílio do professor de Matemática, pode-se sugerir uma atividade de análise combinatória para demonstrar aos alunos como obter as 64 combinações possíveis, a partir de quatro tipos de bases nitrogenadas.

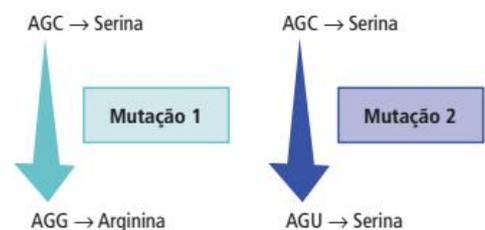


Figura 13. Comparação entre dois tipos de mutações. Na mutação 1, a substituição de uma base nitrogenada leva à alteração do aminoácido. Já na mutação 2, apesar de ter ocorrido a substituição de uma base nitrogenada, não ocorre a alteração do aminoácido.

Figura 12. Correlação entre códons e aminoácidos. Qual é, por exemplo, o aminoácido codificado pelo códon ACG? Seu primeiro nucleotídeo é o A, o segundo é o C, e o terceiro é o G. Procurando no diagrama, de dentro para fora (do primeiro para o terceiro nucleotídeo), vemos que o códon ACG codifica o aminoácido treonina. Lendo da mesma maneira, vemos que o códon GUA codifica o aminoácido valina.

DNA recombinante, a base da engenharia genética

A biotecnologia é uma das áreas da pesquisa biológica que mais se desenvolveram nos últimos anos.

Se a linguagem genética é universal e compreendida da mesma maneira por todos os seres vivos, por que não aproveitar essa descoberta para determinar a produção de substâncias de interesse?

Existem organismos (como as bactérias) muito facilmente cultivados em laboratório. Ao conseguirmos implantar fragmentos de DNA em cromossomos de bactérias, elas passarão a sintetizar, junto a suas proteínas, as que forem determinadas por esses fragmentos.

Muitas doenças humanas resultam da deficiência de certas proteínas. Uma delas é o diabetes melito, em que há deficiência de insulina, uma proteína com 51 aminoácidos. O segmento de DNA que determina a produção de insulina pode ser incorporado no material genético de bactérias, que passam a produzi-la. É possível, então, a obtenção da insulina do meio de cultura (solução nutritiva na qual as bactérias são mantidas). Por ser insulina humana, embora fabricada por uma bactéria, é mais eficiente e segura que a insulina de porco, que era a mais empregada no tratamento dos diabéticos.

Nos homens hemofílicos, não ocorre produção adequada de fator VIII, proteína importante na coagulação do sangue. Sintetizada por bactérias, evita que os hemofílicos precisem receber derivados de sangue, permanente ameaça de contaminação por agentes infecciosos causadores de aids, hepatite B, entre outras doenças.

Desde 1973, quando pela primeira vez foram realizadas com sucesso, as aplicações da manipulação gênica têm-se estendido para diversas áreas, como a medicina, a agricultura e a pecuária. Esse procedimento baseia-se na obtenção de moléculas híbridas de DNA, resultantes da fusão de trechos de DNA de diferentes espécies, técnica conhecida como **DNA recombinante**.

Sherry Yates Young/Shutterstock.com.br



Figura 14. A insulina humana pode ser produzida por técnicas de biotecnologia.

Em engenharia genética, são habitualmente empregados microrganismos, principalmente bactérias. Além de seu cromossomo circular, as bactérias podem conter **plasmídios**, que são porções circulares de DNA dispersas no citoplasma. Geralmente, eles conferem algumas vantagens às células portadoras e podem ser transferidos de uma bactéria para outra.

Tabela 4. Produtos obtidos por manipulação genética de microrganismos

Produto	Uso
Antígeno do vírus da hepatite B	Vacina contra a hepatite B
Eritropoetina	Tratamento de algumas formas de anemia
Fator natriurético atrial	Tratamento da insuficiência cardíaca e da hipertensão arterial
Fator VIII	Tratamento da hemofilia
Hormônio de crescimento humano	Tratamento do nanismo hipofisário
Insulina	Tratamento do diabetes melito
Interferon gama	Tratamento de algumas formas de câncer
Interleucina-2	Tratamento de algumas formas de câncer

A técnica do DNA recombinante inicia-se com o fracionamento de DNA humano em pontos específicos de sua sequência de bases, por meio de endonucleases de restrição, enzimas extraídas de bactérias, que funcionam como “tesouras químicas” (figura 15).

Essas enzimas são também usadas para abrir os plasmídios. Então, os fragmentos de DNA humano são unidos aos plasmídios por meio de outro tipo de enzima, as ligases.

Finalmente, penetrando em bactérias, os plasmídios são usados como vetores (ou veículos) do material genético humano. A partir daí, as bactérias passam a obedecer às ordens que o DNA humano determina.

Organismos transgênicos — ou, mais corretamente, organismos geneticamente modificados (OGMs) — são aqueles que contêm DNA de outra espécie inserido em seu material genético.

Diversas substâncias podem ser produzidas por bactérias modificadas geneticamente pela incorporação dos trechos de DNA que contêm as informações para sua produção (figura 16).

Animais transgênicos vêm sendo utilizados como modelos para estudos de doenças, como o diabetes melito e o câncer; é grande também seu potencial como sistemas biológicos produtores de proteínas com finalidade terapêutica.

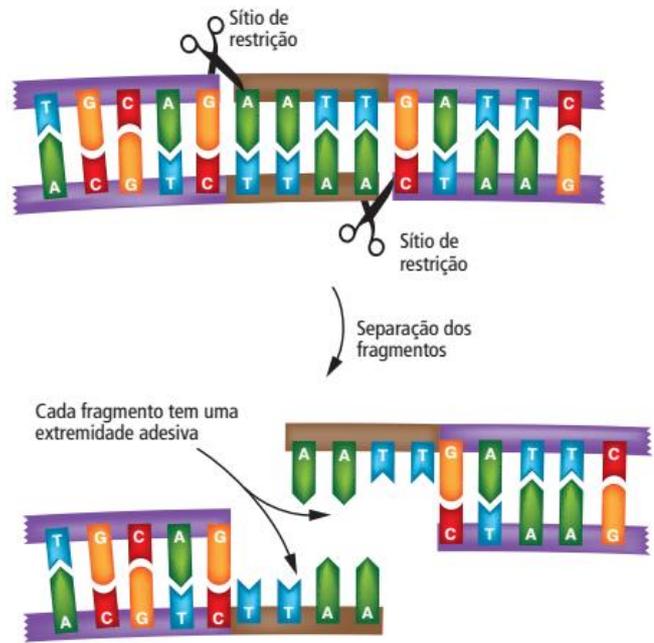
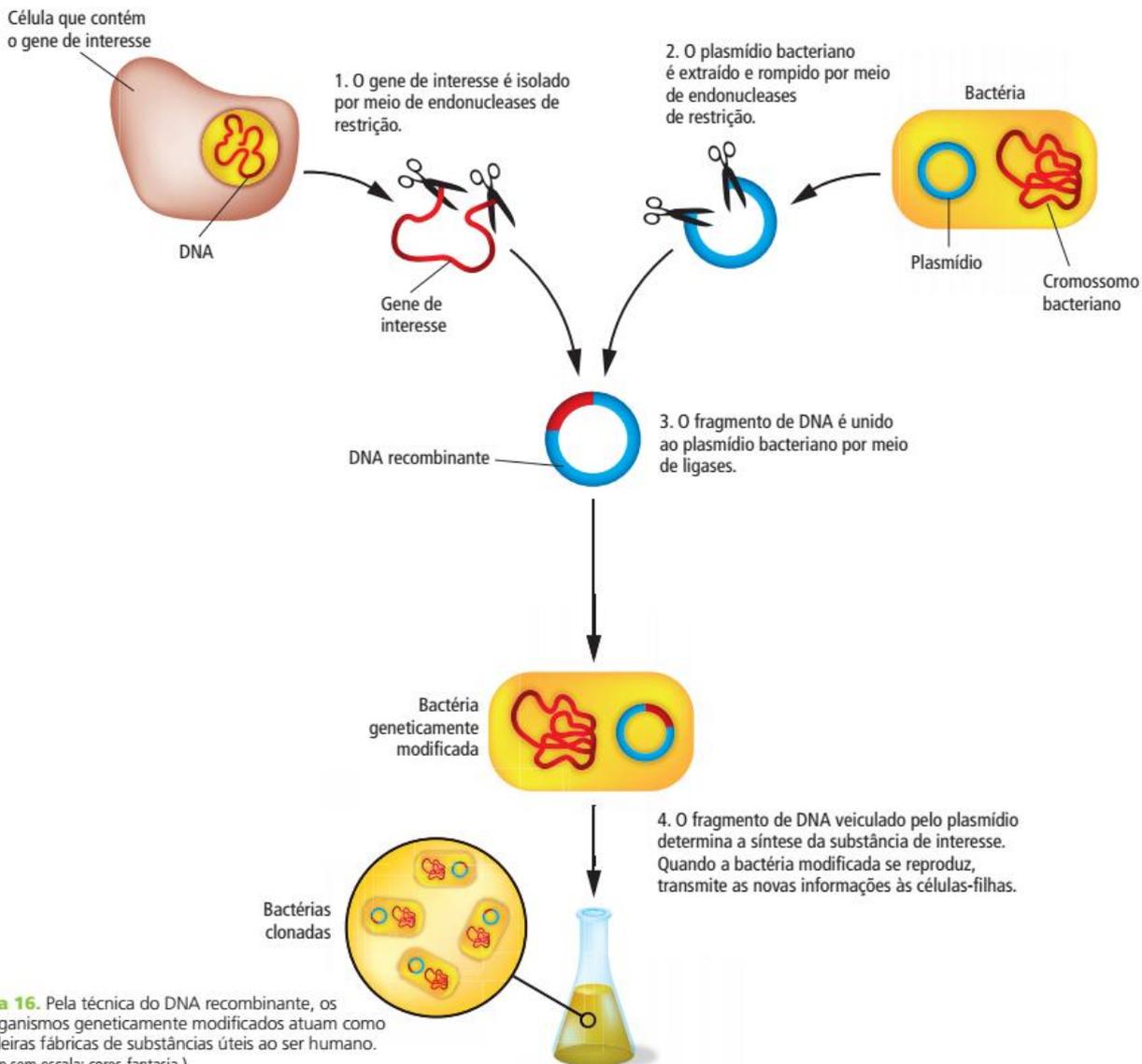


Figura 15. Moléculas do DNA são cortadas pelas endonucleases de restrição em pontos específicos, permitindo a adesão de bases nitrogenadas dos plasmídios ao DNA por meio de ligases. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



Ilustrações: Alex Argozino

Figura 16. Pela técnica do DNA recombinante, os microrganismos geneticamente modificados atuam como verdadeiras fábricas de substâncias úteis ao ser humano. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

1. Determinado segmento de uma molécula de DNA apresenta a seguinte sequência de bases nitrogenadas:

ATC GTA GTC ATT ATG GTA

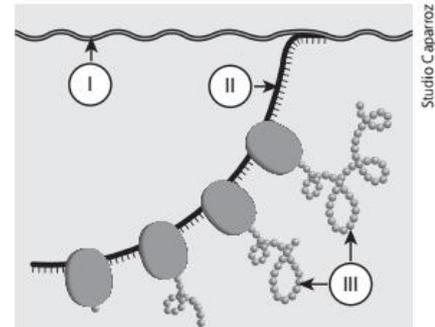
De acordo com a informação acima, determine:

- a sequência de bases nitrogenadas na cadeia complementar desse filamento de DNA.
 - a sequência de bases na molécula de RNA mensageiro transcrita a partir dessa cadeia de DNA.
2. Desempenhando seu papel como material genético, o DNA exibe algumas propriedades. Identifique pelo menos duas propriedades do DNA como material genético e descreva resumidamente cada uma delas.

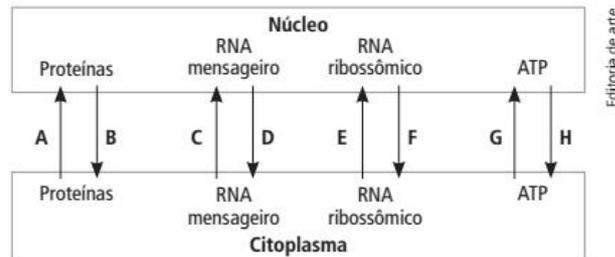
3. (UFV-MG) O desenho ao lado representa um processo bioquímico presente em procariontes:

Após análise do desenho, responda às questões seguintes:

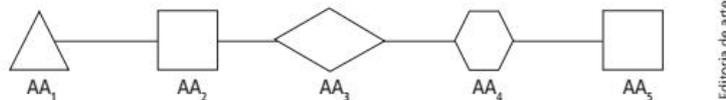
- Qual o nome do processo representado no desenho?
- Em que local da célula ocorre esse processo?
- Cite os nomes das moléculas indicadas, respectivamente, por (I), (II) e (III).
- Cite uma diferença básica que caracteriza esse processo em células de eucariontes.



4. Substâncias sintetizadas no núcleo de células eucarióticas migram para o citoplasma, enquanto substâncias sintetizadas no citoplasma seguem o caminho inverso. No esquema, estão indicados os sentidos de deslocamento de algumas dessas substâncias. Indique o sentido correto de cada uma delas.



5. (Fuvest-SP) A substituição de uma única base na molécula de DNA leva necessariamente à substituição de um aminoácido no polipeptídio correspondente? Por quê?
6. Uma molécula de DNA artificial tem a seguinte sequência de nucleotídeos: TAT CCG CCC TAC CCG e foi utilizada na síntese de um polipeptídio com esta sequência de cinco aminoácidos (AA) representados por símbolos:



Submetida a um tratamento com substância mutagênica, essa molécula de DNA teve alteração na 12ª base da sequência, que passou a ser timina.

- Usando os mesmos símbolos acima, represente a sequência de cinco aminoácidos da nova cadeia polipeptídica.
 - Explique a resposta.
7. (UFRJ) Com o auxílio da tabela do código genético, é possível deduzir-se a sequência de aminoácidos de uma proteína a partir da sequência de nucleotídeos do DNA ou do RNA mensageiro correspondente. Porém, o oposto não é verdadeiro, e a partir da sequência de aminoácidos de uma proteína não se pode deduzir a sequência de nucleotídeos do DNA. Explique por quê.
8. (Unicamp-SP) Doenças graves como o botulismo, a lepra, a meningite, o tétano e a febre maculosa são causadas por bactérias. As bactérias, no entanto, podem ser úteis em tecnologias que empregam a manipulação de DNA, funcionando como verdadeiras “fábricas” de medicamentos como a insulina.
- Explique como a bactéria pode ser utilizada para a produção de medicamentos.
 - O botulismo e o tétano decorrem da ação de toxinas produzidas por bactérias que são adquiridas de diferentes formas pelos seres humanos. Como pode ocorrer a contaminação por essas bactérias?

Epigenética

O que permite a existência de centenas de tipos celulares diferentes em nosso corpo? Que mecanismos evitam o surgimento de células cancerígenas? Por que algumas características são herdadas da mãe ou do pai? Essas são algumas questões cujas respostas passam por um campo novo da Biologia: a epigenética.

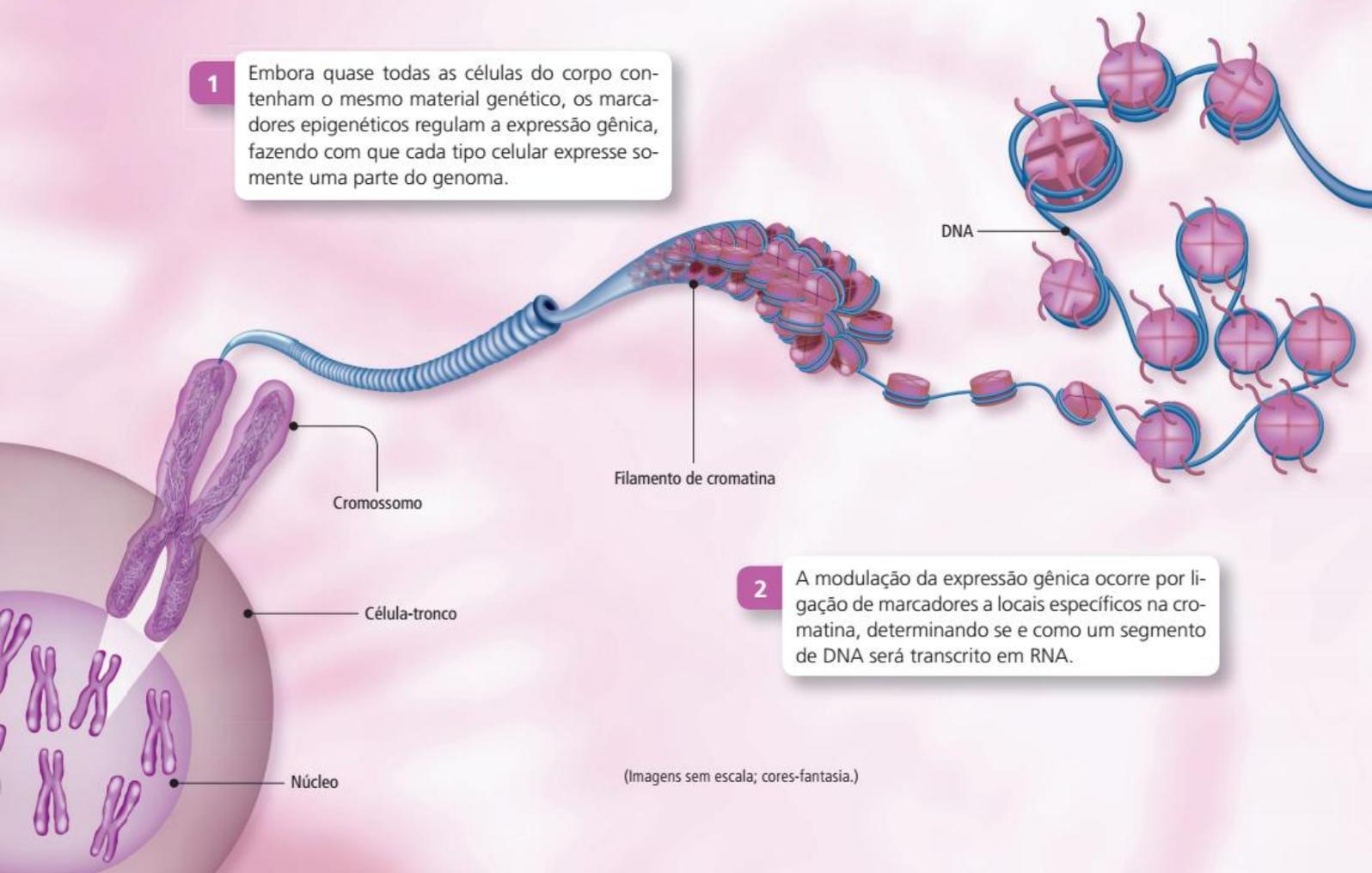
O DNA contém informações referentes à estrutura e ao funcionamento do organismo; todavia, ele é apenas parte de um mecanismo bastante complexo. Nos filamentos da cromatina, as moléculas de DNA encontram-se associadas a moléculas de um grupo de proteínas denominadas histonas. Cada volta do filamento de DNA ao redor das histonas é pontuada por marcadores epigenéticos, que atuam como reguladores das informações genéticas, ativando ou inativando determinados trechos do DNA. Em certas circunstâncias, os marcadores epigenéticos facilitam a transcrição, permitem a produção de RNA mensageiro e, conseqüentemente, a síntese de uma proteína e a expressão da informação genética. Em outras circunstâncias, os marcadores tornam o DNA inacessível às enzimas responsáveis pela transcrição, impedindo a produção de RNA mensageiro e a síntese da proteína correspondente e bloqueando a atuação daquele segmento do DNA. A atuação dos marcadores epigenéticos envolve modificações químicas na molécula do DNA ou nas histonas. Essas transformações ocorrem em resposta a diferentes fatores. Modificações epigenéticas acontecem, por exemplo, durante o desenvolvimento dos organismos ou em resposta a certos fatores ambientais.

O desenvolvimento embrionário e o crescimento do corpo humano resultam de eventos que dependem da ativação e da inativação de diferentes partes do genoma, em momentos e em locais diferentes do organismo. Embora quase todas as células humanas possuam o mesmo genoma (ou seja, o mesmo conjunto de moléculas de DNA), a expressão de diferentes regiões do genoma permite que surjam diferentes tipos de células e de tecidos. Os neurônios, por exemplo, expressam genes associados ao desenvolvimento de prolongamentos (dendritos e axônios). Os hepatócitos (células do fígado) possuem esses mesmos genes, cuja expressão é impedida pela ação de alguns marcadores epigenéticos. Por isso, neurônios e hepatócitos são células tão diferentes, embora sejam portadores do mesmo genoma.

Uma questão, todavia, permanece bastante polêmica: os mecanismos epigenéticos são herdáveis, ou seja, podem ser transmitidos de um indivíduo aos seus descendentes?

1

Embora quase todas as células do corpo contêm o mesmo material genético, os marcadores epigenéticos regulam a expressão gênica, fazendo com que cada tipo celular expresse somente uma parte do genoma.



Cromossomo

Filamento de cromatina

DNA

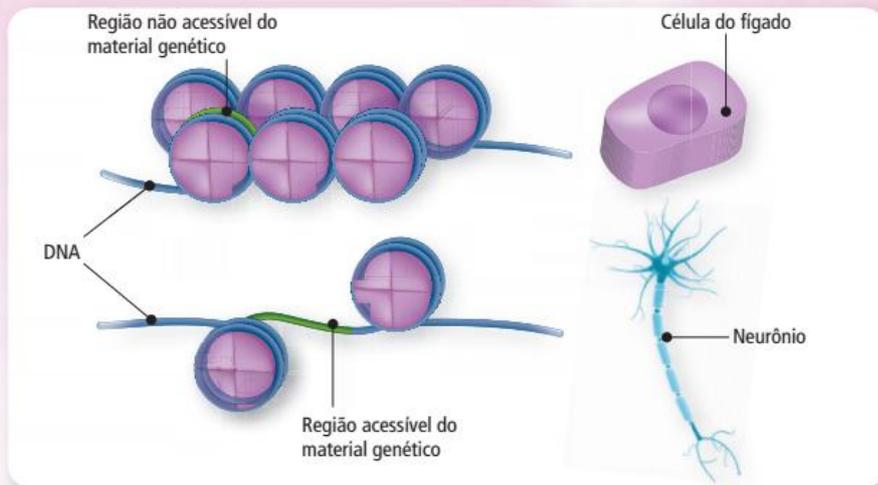
Célula-tronco

Núcleo

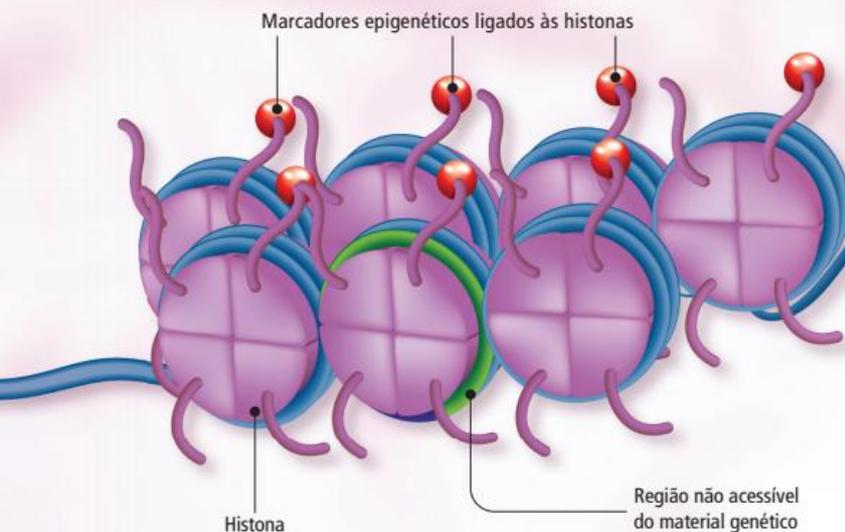
2

A modulação da expressão gênica ocorre por ligação de marcadores a locais específicos na cromatina, determinando se e como um segmento de DNA será transcrito em RNA.

(Imagens sem escala; cores-fantasia.)



Alex Argano



3 A inativação de um gene acontece quando o segmento de DNA se torna inacessível às enzimas da transcrição, impedindo a síntese de RNA mensageiro. A ativação de um gene acontece quando o segmento de DNA se torna acessível às enzimas da transcrição, permitindo a síntese de RNA mensageiro.

Depois da leitura, faça o que se pede:

Escreva no caderno

1. Julgue (V ou F) as afirmativas a seguir.

- I. Nos filamentos de cromatina, as moléculas de DNA e os marcadores epigenéticos associam-se, formando complexos moleculares denominados histonas.
- II. No corpo humano, a presença de centenas de tipos diferentes de células deve-se à existência de células com diferentes genomas.
- III. Durante o desenvolvimento embrionário, a diferenciação celular decorre da ativação e da inativação de determinados genes em cada tipo de tecido.
- IV. Alterações epigenéticas envolvem a modificação da sequência de bases nitrogenadas da molécula de DNA.
- V. Todas as alterações epigenéticas são herdáveis.
- VI. Os efeitos epigenéticos resultam de processos físicos que modificam a conformação espacial das moléculas de proteínas.

F, F, V, F, F, F.

Vida e energia

Células e processos de transformação

1 – O portal da Organização Mundial da Saúde mantém uma página atualizada (em inglês) sobre esse tema. Disponível em: <<http://tub.im/fynfw4>>. Acesso em: dez. 2015.
Leia o artigo **O uso energético da madeira**, de José Otávio Brito. Disponível em: <<http://tub.im/mfc8hp>>. Acesso em: dez. 2015.

2 – Existem fogões a lenha menos poluentes (chamados ecoeficientes), cujo uso deve ser estimulado. Leia mais em: <<http://tub.im/d7i4ex>>. Acesso em: dez. 2015.

André Dib/Pulsar

Quase metade da população mundial ainda tem na lenha a mais importante fonte de energia para o preparo de alimentos e o aquecimento. Segundo a Organização Mundial da Saúde, permanecer em uma casa com fogão a lenha em funcionamento equivale a fumar dois maços de cigarro por dia!



Imagem bucólica, rotina perigosa!

Nos últimos anos vem sendo assinalado um risco para a saúde da mulher que usa o fogão a lenha.

Esse perigo alcança cerca de 40% da população de países em desenvolvimento, onde muitas pessoas respiram a poluição doméstica da fumaça da madeira queimada.

A combustão da lenha lança no ambiente partículas que, ao serem aspiradas, podem provocar doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e tosse resultante de problemas inflamatórios dos brônquios.

Com o trabalho "Alterações tomográficas pulmonares em mulheres não fumantes com DPOC por exposição à fumaça da combustão de lenha", a professora Maria Auxiliadora Carmo Moreira e colaboradores da Universidade Federal de Goiás apresentam trabalho inédito.

Observam que pessoas com DPOC leve a moderada, mesmo sem sintomas, podem ter alterações pulmonares. O problema inicial pode ser detectado por tomografia computadorizada de tórax.

ABRAMCZYK, J. A perigosa fumaça do fogão a lenha. **Folha de S. Paulo**, 28 set. 2013. Fornecido pela Folhapress. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cienciasaude/131149-a-perigosa-fumaca-do-fogao-a-lenha.shtml>>. Acesso em: dez. 2015.

Quando pensamos em poluição do ar, as primeiras imagens que nos vêm à mente são de chaminés industriais e de escapamentos de veículos automotores. De fato, são fontes importantes de poluentes atmosféricos. Por outro lado, quando pensamos em fogão a lenha, predomina a visão romaneada da família reunida, em conversa animada, enquanto a comida ou o café são preparados. Dentro das casas, unindo as duas imagens, está o agente responsável pela maior parte das mortes associadas à poluição do ar.

Conforme relatório da Organização Mundial da Saúde¹, mais de três bilhões de pessoas no mundo todo cozinham ou aquecem as casas queimando matéria orgânica (lenha, carvão vegetal, fezes de animais e outros resíduos orgânicos). Como lenha ou carvão, a madeira é consumida em quantidade muito superior à capacidade natural de reposição pelos ecossistemas, o que resulta em desflorestamento, desertificação e destruição do hábitat de milhares de espécies. *Veja observação 1.*

¹ WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Household air pollution and health**, n° 292, fev. 2016. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en>>. Acesso em: dez. 2015.

Com baixo rendimento energético, as tecnologias rudimentares de combustão liberam muita fumaça no interior das casas — em geral, pequenas e sem ventilação adequada, que permite à fumaça se espalhar rapidamente pelo espaço interno. A concentração de material particulado e de monóxido de carbono não raramente ultrapassa em cem vezes os limites considerados aceitáveis. Por passarem mais tempo em casa, mulheres, crianças, idosos e pessoas doentes são os mais expostos. *Veja observação 2.*

A queima da lenha e do carvão vegetal no interior das casas libera uma mistura de milhares de componentes, muitos dos quais danosos à saúde: material particulado, monóxido de carbono, óxido nítrico, óxidos sulfúricos, formaldeído, hidrocarbonetos e benzopireno (este último com propriedades cancerígenas bem demonstradas).

Por ano, 4 milhões de pessoas morrem em todo o mundo por doenças atribuídas direta ou indiretamente à fumaça liberada dentro das casas: pneumonia, câncer de pulmão, doença pulmonar obstrutiva crônica, doença coronariana, tuberculose, asma brônquica, câncer de faringe e de laringe e queimaduras são algumas das causas de mortalidade. São mais mortes decorrentes da poluição intradomiciliar do que as mortes causadas por malária.

Outros problemas associados à poluição atmosférica intradomiciliar são as afecções de ouvido, a catarata, a prematuridade e o baixo peso ao nascer. Além disso, obter e transportar lenha são atividades que ocupam grande parte do tempo das crianças, contribuindo para mantê-las afastadas da escola e expondo a acidentes.

Segundo dados do Ministério da Saúde do Brasil, a queima da lenha no interior das casas responde por metade das 50 mil mortes anuais por doenças respiratórias associadas à poluição no país. É no fogão a lenha que se prepara o alimento de mais de sete milhões de famílias brasileiras². Para elas, o custo elevado do botijão de gás impede o acesso a um recurso tecnológico menos impactante para a saúde — o fogão a gás. Por força da tradição, porém, em muitas residências as duas tecnologias ainda coexistem.

² BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2015**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: dez. 2015.

Trabalho e energia

A energia não é, efetivamente, perdida, mas transformada em outra forma de energia. Ao dizermos que os seres vivos perdem calor, estamos nos referindo à conversão da energia química (armazenada em ligações químicas) em energia cinética (de movimentos) e energia térmica, que se dissipa no ambiente.

O Sol é fonte da energia que se transforma e flui pela biosfera. A energia da **luz visível** é abundante, bem tolerada (embora chegue à superfície terrestre acompanhada de radiações nocivas, como a ultravioleta) e pode excitar certas moléculas, como a de **clorofila**, removendo delas **elétrons energizados**. Esses elétrons podem liberar gradativamente a energia captada, movimentando a vida na Terra (**figura 1**).

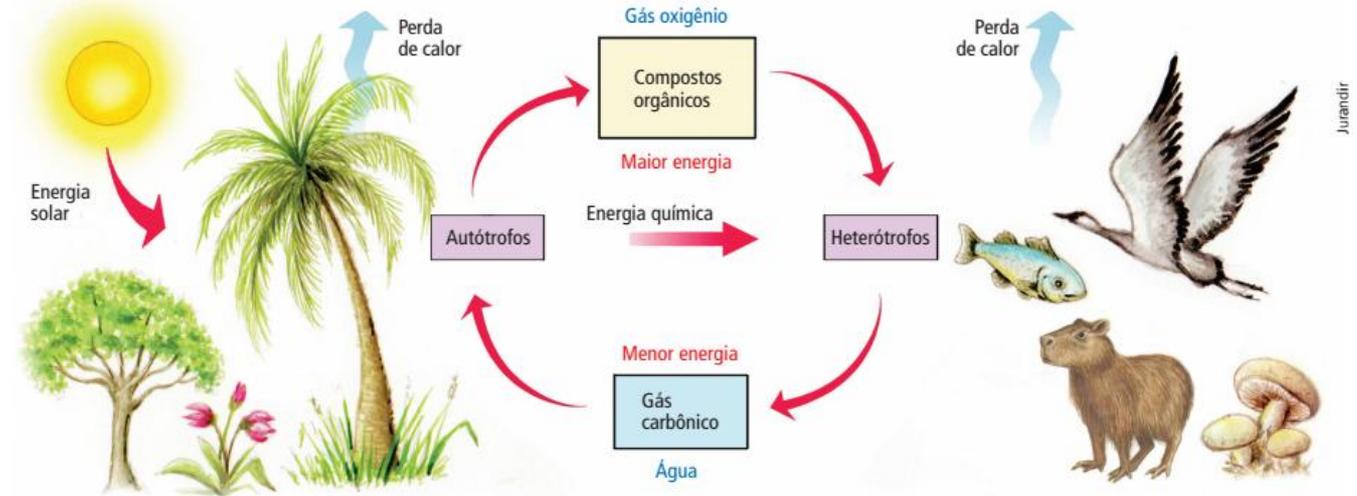
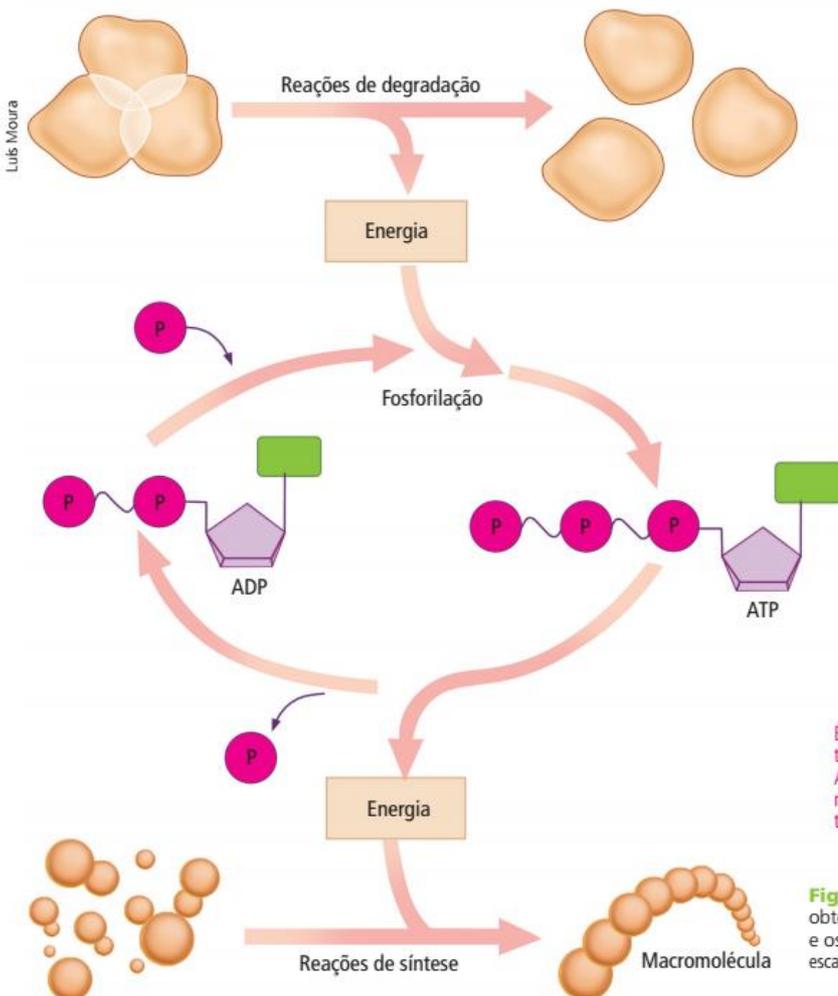


Figura 1. A fotossíntese supre a biosfera de gás oxigênio (O_2) e de energia química. O gás carbônico (CO_2) e a água (H_2O) são reagentes necessários à síntese de glicose ($C_6H_{12}O_6$). Na respiração celular aeróbica, a energia armazenada é liberada e pode ser utilizada na realização de trabalho. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)



A luz solar não está presente nas 24 horas do dia (em média, apenas na metade desse tempo). Seres vivos (cianobactérias, algas e plantas, principalmente) captam a **energia luminosa** quando disponível e, pela **fotossíntese**, transformam-na em **energia química**, estocada em **compostos orgânicos** (como a glicose), que podem ser usados posteriormente.

Na **fermentação** e na **respiração celular aeróbica**, as moléculas orgânicas são degradadas; a energia química é liberada e colocada à disposição para a execução de trabalho em qualquer momento do dia.

A célula pode transferir energia disponível para moléculas de **ATP** (adenosina trifosfato ou trifosfato de adenosina).

Na realização de trabalho celular, a energia vem da **hidrólise** do ATP, que resulta em ADP (adenosina difosfato ou difosfato de adenosina) e fosfato inorgânico (**figura 2**). A incorporação de um fosfato inorgânico ao ADP, com armazenamento de energia, chama-se **fosforilação**.

É importante destacar o papel do ciclo do ATP-ADP nos processos intracelulares de transferência de energia. Ao analisar a figura 2, chame a atenção dos alunos para o fato de as reações de fosforilação e as reações que liberam energia sempre acontecerem associadas, permitindo aproveitamento máximo de energia.

Figura 2. O ciclo ATP-ADP é o elo entre os processos de obtenção de energia (como a respiração celular aeróbica) e os que a consomem, no trabalho celular. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fotossíntese

O que mantém a vida na Terra é uma pequena corrente elétrica movida pela luz do Sol.

Albert Szent-Györgyi (1893-1986), fisiologista húngaro naturalizado norte-americano, Prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1937.¹

Nos **cloroplastos**, existe clorofila, por meio da qual a energia luminosa é captada e convertida em energia química armazenada na glicose, empregada como combustível celular ou como matéria-prima para a síntese de outros compostos orgânicos.

Os cloroplastos (**figura 3**) são delimitados por uma dupla membrana lipoproteica e preenchidos por um fluido gelatinoso chamado **estroma**. Dentro do cloroplasto, há sacos membranosos discoidais chamados **tilacoides**, em que está a clorofila. Os tilacoides formam pilhas, cada uma chamada *granum* (no plural, *grana*).

Nos tilacoides, moléculas de água são decompostas em um processo conhecido por **fotólise da água** (quebra pela luz) ou reação de Hill.



Os prótons H^+ , energizados pela associação com elétrons ricos em energia, ligam-se a uma molécula transportadora ou aceptora, o NADP^+ (nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato). A fotólise da água produz ainda o O_2 , que é liberado para o ambiente.

Moléculas excitáveis pela luz

A luz branca do Sol é uma mistura de radiações eletromagnéticas cujos comprimentos de onda variam, aproximadamente, de 380 nm (luz violeta) a 750 nm (luz vermelha) (**figura 4a**). As luzes refletidas alcançam nossos olhos e definem as cores dos objetos (**figura 4b**).

Quase todos os combustíveis que empregamos se originam ou se originaram por fotossíntese. A combustão devolve ao ambiente a energia e os átomos de carbono que um dia essas moléculas armazenaram.

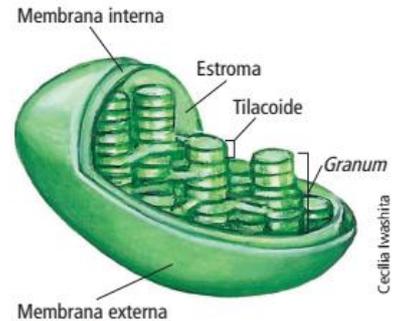


Figura 3. Representação da estrutura tridimensional do cloroplasto. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Mitocôndrias e cloroplastos possuem seu próprio DNA (em estruturas semelhantes aos cromossomos bacterianos) e podem se duplicar.

Como principal fonte da energia que movimenta a vida na Terra, a luz visível apresenta algumas vantagens: é abundante e pode excitar elétrons sem provocar danos às estruturas biológicas.

A clorofila reflete a luz verde e absorve a luz de outros comprimentos de onda (principalmente vermelho e azul). Plantas expostas à luz verde tendem a realizar fotossíntese com baixa intensidade ou a interrompê-la. Portanto, não é adequado iluminar uma estufa de plantas com lâmpadas verdes.

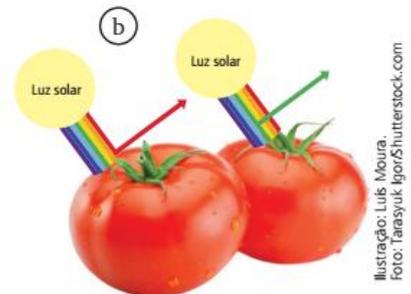
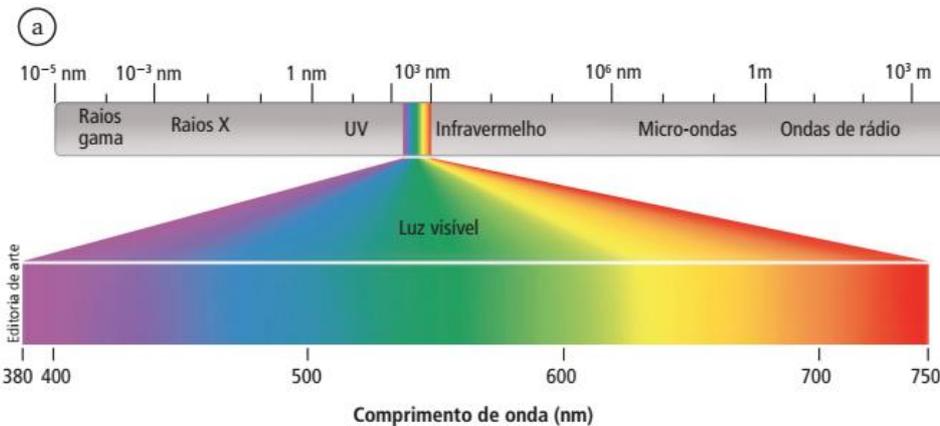


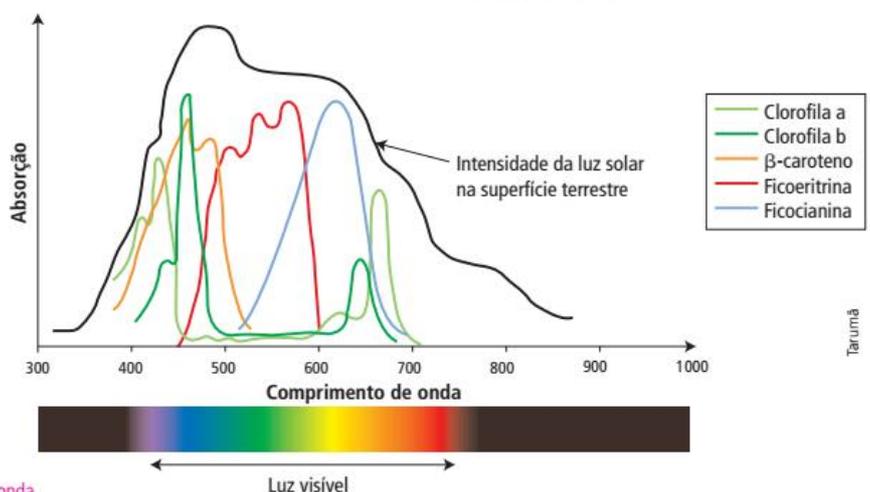
Figura 4. (a) Espectro da luz visível: ao passar por um prisma, a luz branca é decomposta em sete faixas coloridas (as cores do arco-íris). (b) Quando se ilumina um objeto verde, como uma folha, ele absorve as outras cores e reflete a verde, da mesma forma que um objeto vermelho reflete a luz vermelha.

Fonte: BERG, L. R. *Introductory botany*. Orlando: Saunders College Publishing, 2008.

Os diversos tipos de clorofila — como a clorofila *a* e a clorofila *b* — são verdes e absorvem luzes de comprimentos de onda um pouco diferentes. Nos tilacoides, são encontrados também os **pigmentos acessórios**, como os carotenoides, que podem ser amarelos ou alaranjados. Um deles é o **betacaroteno**, amarelo, e precursor da vitamina A. Os pigmentos acessórios preenchem a faixa de absorção não coberta pela clorofila (**figura 5**). Depois de captarem a energia luminosa, todos transferem-na para a clorofila *a*.

Figura 5. A presença de diferentes pigmentos permite que a luz solar seja absorvida nas várias faixas do espectro.

Os conceitos de energia eletromagnética e comprimento de onda podem ser trabalhados em conjunto com o professor de Física.



Fonte: NELSON, D. L.; COX, M. M. *Lehninger: principles of Biochemistry*. Salt Lake City: W. H. Freeman, 2012.

¹ SZENT-GYÖRGYI, A. apud CURTIS, H.; BARNES, S. *Biology*. New York: Worth Publishers, 1989. (Tradução nossa).

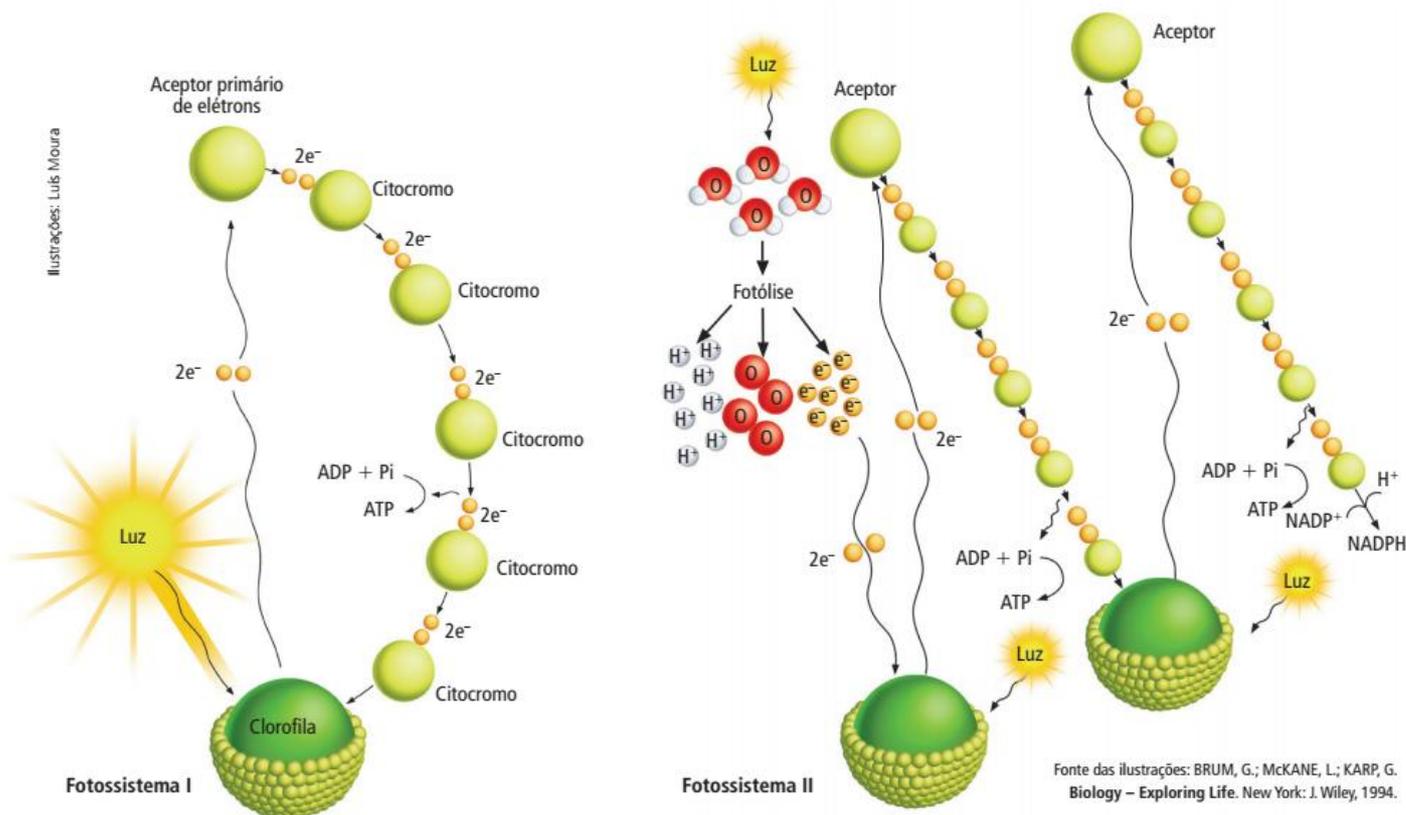
Instigue os alunos a associarem a coloração verde observada na maioria das plantas e o comprimento de onda que a clorofila utiliza nas reações da etapa fotoquímica. E as plantas com folhas arroxeadas ou avermelhadas? Elas possuem clorofila?

▶ Etapa fotoquímica

Nos cloroplastos, encontram-se o fotossistema I e o fotossistema II, que contêm clorofila, outros pigmentos fotossintetizantes e proteínas. Os fotossistemas I e II diferem quanto às proteínas associadas à clorofila e quanto às funções que realizam.

As reações da fotossíntese que dependem diretamente da energia luminosa constituem a **etapa fotoquímica** (ou **fase clara**) e ocorrem nos tilacoides. Incluem a fotofosforilação cíclica (**figura 6**), a fotofosforilação acíclica (**figura 7**) e a fotólise da água.

A etapa fotoquímica produz ATP e NADPH, além de O_2 , que se origina exclusivamente da água, na fotofosforilação acíclica.



Fonte das ilustrações: BRUM, G.; McKANE, L.; KARP, G. *Biology – Exploring Life*. New York: J. Wiley, 1994.

Figura 6. A fotofosforilação cíclica envolve o fotossistema I e não libera O_2 . Os elétrons excitados pela luz, depois de deixarem a clorofila, tendem a retornar a ela, passando por aceptores. A energia liberada pelos elétrons excitados permite a produção de ATP. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Figura 7. A fotofosforilação acíclica depende dos dois fotossistemas. A fotólise da água libera O_2 , elétrons e prótons H^+ . No fotossistema II, elétrons excitados pela energia luminosa passam por uma cadeia de aceptores, em que liberam energia, empregada na produção de ATP. O “buraco” deixado na clorofila pela saída de elétrons é ocupado por elétrons provenientes da fotólise da água. A energia luminosa também excita elétrons do fotossistema I, os quais, com prótons H^+ , são recolhidos pelo $NADP^+$, convertido em $NADPH$. Os “buracos” do fotossistema I são ocupados por elétrons provenientes do fotossistema II. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Todo O_2 liberado na fotossíntese provém do fracionamento das moléculas de água pela luz (**figura 8**).

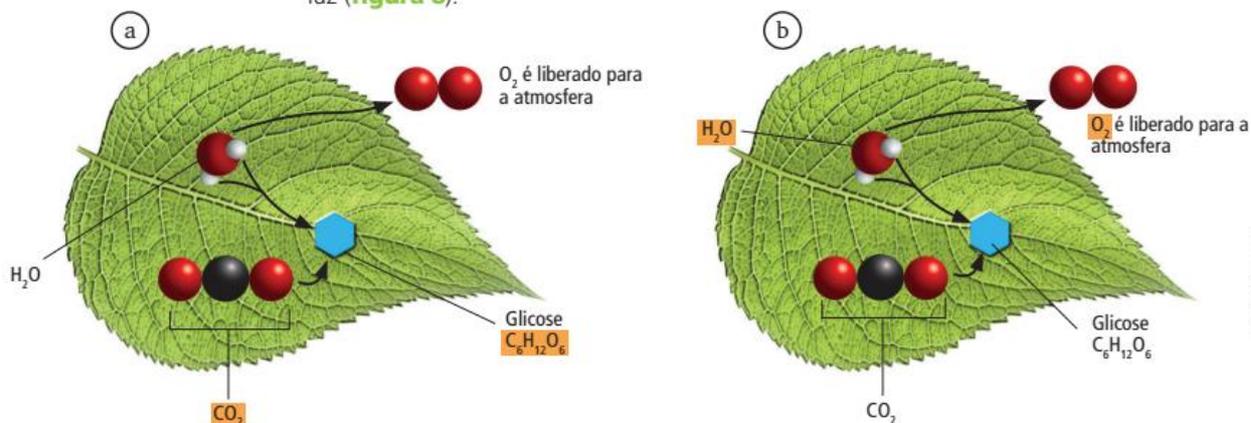


Figura 8. Origem dos átomos de oxigênio liberados na forma de O_2 . (a) Se uma planta for mantida em ambiente que contém CO_2 marcado com isótopos ^{18}O do oxigênio, eles são detectados posteriormente em moléculas de glicose ($C_6H_{12}O_6$). (b) Se é empregada água marcada com o isótopo ^{18}O , este é detectado no O_2 liberado. Nas moléculas destacadas em laranja é possível detectar a presença do isótopo ^{18}O . (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

▶ Etapa química

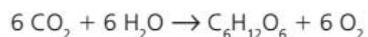
É conhecida como a **fase escura** da fotossíntese, embora ocorra também na presença de luz. Não depende diretamente da energia luminosa; entretanto, é dependente de NADPH e ATP, gerados na etapa fotoquímica.

O carbono entra na etapa química como CO_2 , no **ciclo de Calvin** (tabela 1), que ocorre no estroma dos cloroplastos. O NADPH participa da etapa química como fornecedor de átomos de hidrogênio; o ATP é um fornecedor suplementar de energia. A etapa fotoquímica e a etapa química complementam-se e, isoladamente, nenhuma delas produz glicose.

Em 1950, Melvin Calvin e Andrew Benson descreveram esse ciclo de reações, também chamado ciclo das pentoses.

Tabela 1. Ciclo de Calvin	
<p>Os números entre parênteses indicam a quantidade de átomos de carbono dos compostos.</p>	<p>1 Seis moléculas de CO_2 são incorporadas, pela enzima RuBP-carboxilase-oxigenase, em seis moléculas com cinco átomos de carbono: a ribulose 1,5-bifosfato.</p>
	<p>2 Cada uma das moléculas resultantes dessa fusão, com seis átomos de carbono, imediatamente se fragmenta em duas moléculas de 3-fosfoglicerato, com três átomos de carbono.</p>
	<p>3 Cada molécula de 3-fosfoglicerato recebe um grupo fosfato proveniente de uma molécula de ATP e átomos de hidrogênio provenientes do NADPH, convertendo-se em gliceraldeído-3-fosfato (GAP).</p>
	<p>4 A cada volta do ciclo de Calvin são incorporados seis átomos de carbono e geradas doze moléculas de gliceraldeído-3-fosfato. Dessas doze, duas são destinadas à síntese de glicose.</p>
	<p>5 As outras dez moléculas de gliceraldeído-3-fosfato irão reconstituir seis moléculas de ribulose-difosfato, que iniciam novo ciclo. Nessa reconstituição, mais seis moléculas de ATP são consumidas.</p>
	<p>6 Em cada volta do ciclo de Calvin, o rendimento líquido é de duas moléculas de gliceraldeído-3-fosfato, empregadas na produção de glicose ou de outras moléculas orgânicas.</p>

A fotossíntese pode ser resumida por sua **equação geral** (forma simplificada):



A equação geral simplificada mostra reagentes e produtos da fotossíntese. As setas indicam a origem e o destino dos átomos. Tendo como produto a glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), temos $n = 6$.

Embora o balanceamento dessa equação pareça correto, deve-se destacar que todo o O_2 liberado provém da água (o que não é compatível com a equação apresentada) e que há produção de água em algumas etapas do ciclo de Calvin. Dessa forma, a representação mais adequada é apresentada na **figura 9**.

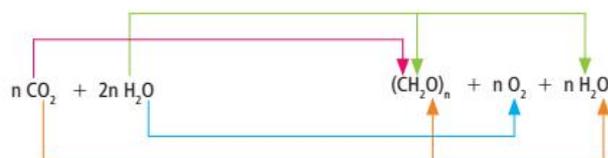
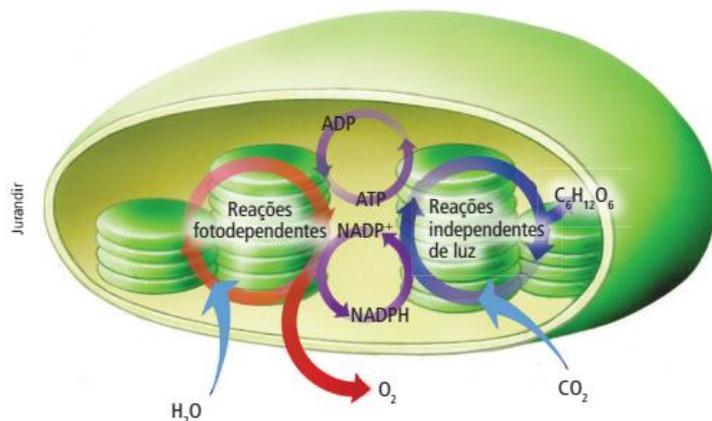


Figura 9. Resumo das etapas fotoquímica e química da fotossíntese. As reações fotodependentes acontecem nos tilacoides, enquanto o ciclo de Calvin ocorre no estroma dos cloroplastos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Plantas umbrófilas têm PCL baixo, vivem em locais de sombra e, mesmo com pouca luz, mantêm balanço positivo de matéria orgânica, podendo crescer e se reproduzir. As plantas heliófilas, de lugares ensolarados, possuem PCL elevado e necessitam de muita luz para se desenvolver. Nas florestas ombrófilas, as folhas das copas das grandes árvores interferem duplamente na fotossíntese das plantas rasteiras: diminuem a quantidade de luz que alcança o solo e atuam como um "filtro verde", que permite a passagem de mais luz verde que de qualquer outra, reduzindo ainda mais a taxa fotossintética dos vegetais rentes ao solo.

▶ Fatores limitantes da fotossíntese

A intensidade com que as plantas realizam fotossíntese é variável e depende de uma série de fatores. Quando estes são mantidos estáveis e apenas um deles varia, pode-se avaliar qual é o papel específico desse fator na intensidade do processo.

Alguns dos fatores capazes de interferir na intensidade da fotossíntese são a intensidade de iluminação, a concentração de CO_2 e a temperatura.

▶ Intensidade de iluminação

A taxa da fotossíntese varia com a intensidade da energia luminosa. Em completa escuridão, a planta não realiza fotossíntese. Mantidos constantes outros fatores, o aumento da intensidade luminosa eleva a taxa de fotossíntese, até que um valor máximo seja alcançado.

Sob baixa luminosidade, a taxa da respiração celular aeróbia é superior à da fotossíntese. Consequentemente, a planta consome O_2 e libera CO_2 , e mais glicose é consumida na respiração celular aeróbia do que é produzida na fotossíntese.

Na intensidade luminosa em que as taxas da fotossíntese e da respiração celular aeróbia se equivalem, a quantidade de O_2 gerado na fotossíntese é consumida na respiração celular aeróbia, e a quantidade de CO_2 eliminada na respiração celular aeróbia é gasta na fotossíntese. Essa intensidade de iluminação é conhecida por **ponto de compensação luminosa (PCL)** ou **ponto de compensação fótica**, como pode ser observado no gráfico da **figura 10**.

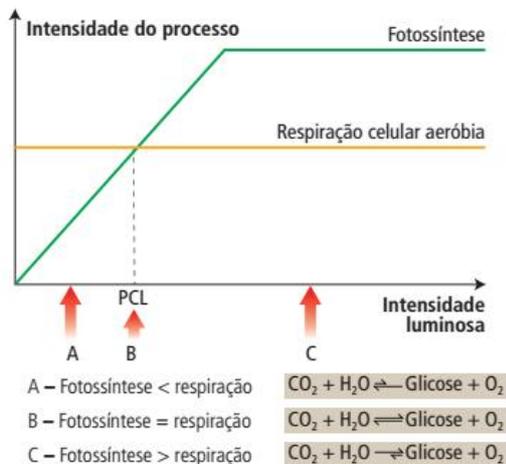
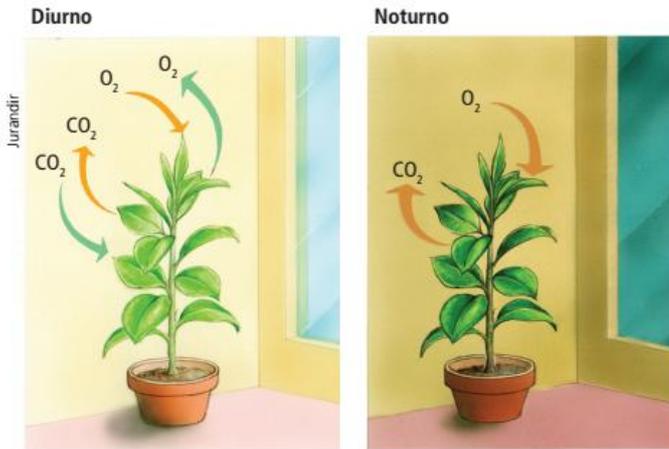


Figura 10. Taxas de fotossíntese e de respiração celular aeróbia em função da intensidade luminosa. Para se desenvolver, crescer, reproduzir-se e frutificar, a planta precisa passar mais tempo sob intensidade luminosa superior ao PCL, caso contrário o saldo de matéria orgânica é negativo (consumo > produção).

Sob intensidade luminosa elevada, a taxa de fotossíntese supera a de respiração celular aeróbia: a planta libera mais O_2 do que consome e capta mais CO_2 do que libera, produzindo mais glicose na fotossíntese do que é consumida na respiração celular aeróbia.

▶ Concentração de CO_2

A incorporação do carbono proveniente do CO_2 em matéria orgânica é realizada por enzimas. Se todas elas estiverem com seus centros ativos ocupados por substratos, não haverá como incorporar quantidades adicionais de carbono. Em concentrações de CO_2 superiores ao ponto assinalado no gráfico (**figura 11**), a quantidade desse gás deixa de ser o fator limitante da fotossíntese.

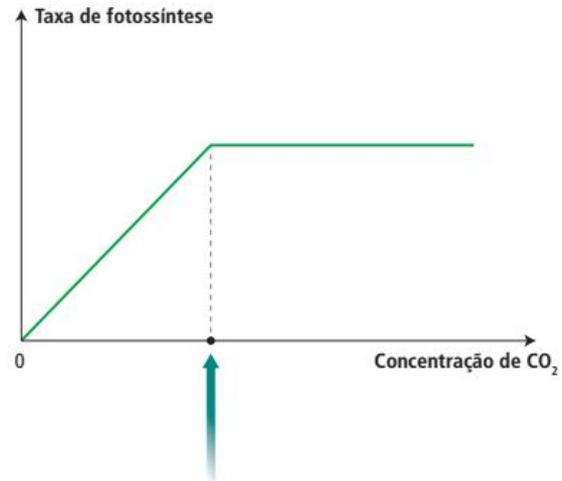
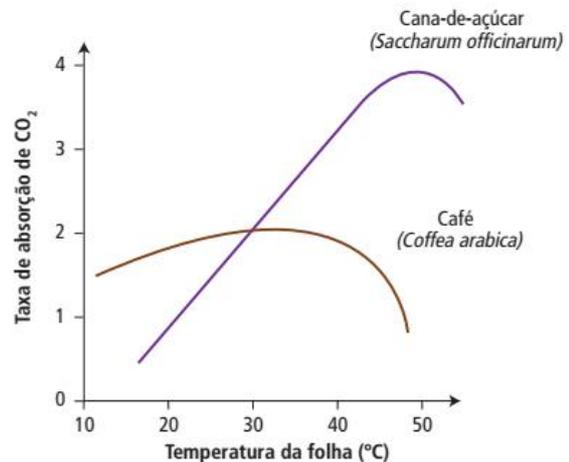


Figura 11. Taxa de fotossíntese em função da concentração de CO_2 .

▶ Temperatura

Como todas as atividades enzimáticas, a fotossíntese é influenciada pela temperatura. Há uma temperatura em que a taxa de fotossíntese é máxima. Esse valor, a **temperatura ótima** da fotossíntese (**figura 12**), varia entre os vegetais. Plantas de regiões frias, temperadas e tropicais possuem diferentes temperaturas ótimas da fotossíntese.



Fonte: ROST, T. L. et al. **Plant biology**. Belmont: Wadsworth, 1998.

Figura 12. Taxa de fotossíntese (expressa pela taxa de absorção de CO_2) em função da temperatura.

Fermentação

A fermentação é a degradação parcial das moléculas orgânicas, que origina como resíduos moléculas orgânicas ainda ricas em energia. Alguns microrganismos originam produtos diferentes de etanol e de ácido láctico: ácido acético (na chamada fermentação acética), acetona, ácido propiônico ou butanol.

Determinadas bactérias e outras células que não têm as enzimas da respiração celular aeróbia obtêm energia pela **fermentação**, que não consome O_2 .

Em células eucarióticas, a fermentação ocorre no citosol, resultando na transformação da glicose, com seis átomos de carbono, em moléculas menores. O processo libera energia, utilizada na produção de ATP, a partir da fosforilação do ADP.

Na fermentação, o rendimento energético é de **duas moléculas de ATP** por molécula de glicose utilizada. Consequentemente, há pequeno aproveitamento da energia da glicose.

A **fermentação etílica** ou **alcoólica** (figura 13a), como é chamada, é usada na produção de etanol, de vinho e de outras bebidas alcoólicas.

Na produção de pães e bolos, a fermentação produz CO_2 e etanol (ou álcool etílico), que se evapora nos fornos.

Na produção de coalhada, iogurte e queijo, a lactose do leite é fermentada por microrganismos (geralmente bactérias do gênero *Lactobacillus* ou fungos do gênero *Penicillium*), originando ácido láctico, que torna o leite ácido. Esse processo é a **fermentação láctica** (figura 13b), que não libera CO_2 .

A fermentação láctica pode acontecer durante grande esforço físico (em uma corrida, por exemplo), quando a demanda de ATP das células musculares aumenta bastante. Se a respiração celular aeróbia não produzir todo o ATP requerido, as células passarão a executar, além dela, a fermentação láctica. O acúmulo de ácido láctico é responsável por câibras, fadiga e dores musculares sentidas após exercício intenso.

▶ Álcool, uma droga legalizada

Há milhares de anos, o álcool (mais precisamente, o etanol) é considerado capaz de alterar o estado de humor e o comportamento. Todavia, além dos perigos imediatos de seu consumo, o etanol pode causar danos irreversíveis às células de pessoas que o ingerem em grande quantidade e por tempo prolongado.

Nos seres humanos, apenas as células do fígado são capazes de metabolizar o etanol e eliminar seus resíduos. O NAD^+ pode oxidá-lo, primeiramente até acetaldeído; a seguir, até ácido acético; finalmente, até CO_2 e água.

O uso prolongado e intenso do álcool provoca alterações mitocondriais. Os carboidratos (que normalmente são consumidos na glicólise e, a seguir, no ciclo de Krebs) passam a ser convertidos em lipídios, enviados ao sangue ou depositados nas próprias células do fígado. Depois de alguns anos, as células hepáticas começam a reduzir seu funcionamento e o fígado torna-se menos capaz de lidar com o etanol consumido. A agressão contínua ao órgão acaba por alterar a sua arquitetura normal, e os hepatócitos são gradativamente substituídos por tecido conjuntivo, condição chamada cirrose hepática.

Suspeita-se que o alcoolismo tenha predisposição genética. Por isso, existe expectativa de que a compreensão de variações hereditárias possa auxiliar no entendimento das causas do alcoolismo, cujas consequências são graves não apenas para o indivíduo, mas também para as famílias. A enzima hepática denominada ADH (que converte o etanol em acetaldeído) parece agir mais rapidamente em algumas pessoas que em outras. Sintomas desagradáveis (como náuseas, vômito e tontura) podem surgir depois de uma única dose de bebida alcoólica. Tal desconforto serve como um potente desestímulo ao consumo do etanol. Aparentemente, quanto maior é a velocidade de formação de acetaldeído, menor deve ser a tendência ao alcoolismo. Por outro lado, pessoas cuja ADH tem ação mais lenta têm maior tendência a desenvolvê-lo.

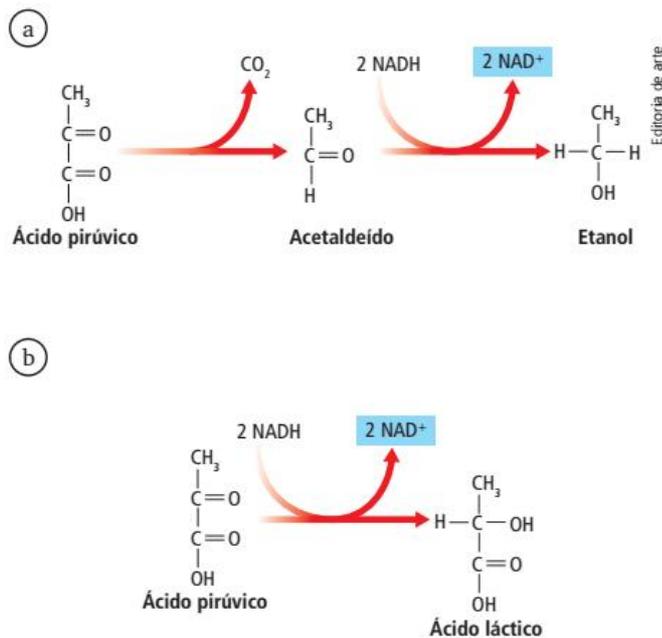


Figura 13. Na fermentação, após uma série de reações químicas, cada molécula de glicose é degradada em duas moléculas de ácido pirúvico, e o rendimento energético é de duas moléculas de ATP. (a) Na fermentação alcoólica, a molécula de ácido pirúvico perde uma molécula de CO_2 e origina acetaldeído, que é convertido em etanol. (b) Na fermentação láctica, ocorre a conversão do ácido pirúvico em ácido láctico, sem liberação de CO_2 . Nos dois casos, o NADH atua como fornecedor de hidrogênio.

NAD, molécula derivada da niacina (vitamina B_3), é um aceptor de elétrons quimicamente semelhante ao $NADP$, empregado na fotossíntese. Sua representação correta é NAD^+ , mas, para efeito de simplificação, usa-se NAD.

Figura 14. Não podemos desconsiderar as consequências imediatas do abuso do etanol, tais como o risco de acidentes e o coma alcoólico. Em mais de 70% dos acidentes de trânsito com vítimas fatais que acontecem no Brasil, há o envolvimento de pessoas alcoolizadas.



Atividade prática

Fermentação

Objetivos

- Observar o processo de fermentação e relacionar sua ocorrência com diferentes condições no meio.
- Identificar a produção de gás no processo fermentativo.

Experimento 1

Materiais

- 200 g (ou 1 xícara de chá) de farinha de trigo
- 120 mL de água morna (40 °C a 45 °C)
- 5 g (ou 1 colher de chá) de fermento biológico
- 2 colheres descartáveis de café de açúcar
- 2 potes (ou frascos) iguais transparentes (capacidade de no mínimo 500 mL)
- filme de PVC transparente
- tigela (ou bacia) para misturar os ingredientes

Procedimentos

Organizem-se em grupos de quatro alunos. Cada grupo deverá realizar todos os procedimentos que constam nas experiências 1 e 2.

Massa sem fermento:

1. Coloque na tigela uma colher de café de açúcar, 100 g de farinha de trigo e 60 mL de água.
2. Misture e amasse até que a massa adquira consistência homogênea.
3. Coloque a massa obtida em um dos potes e identifique-o como “Sem fermento”.

4. Prepare a próxima massa. *As leveduras que compõem o fermento podem morrer em temperaturas muito elevadas.*

Massa com fermento biológico:

5. Dissolva o fermento biológico em 60 mL de água morna.
6. Coloque na tigela uma colher de café de açúcar, 100 g de farinha de trigo e o fermento biológico dissolvido em água.
7. Misture os ingredientes e amasse com as mãos até que a massa adquira consistência homogênea.
8. Coloque a massa obtida no outro pote e identifique-o como “Com fermento biológico”.
9. Molde as duas massas dentro dos potes para que tenham tamanhos iniciais iguais (utilize potes iguais para melhor comparação do crescimento das massas). Tampe os potes com filme de PVC e deixe em repouso por 30 minutos.
10. Em seguida prepare os materiais para a segunda experiência.

Experimento 2

Materiais

- fermento biológico seco (5 g)
- 1 frasco graduado
- 120 mL de água
- 1 colher de chá de sal
- 1 colher de chá de açúcar

- colheres descartáveis de chá (ou palitos de madeira limpos)
- saquinhos de plástico para geladinho (4 cm × 24 cm)
- etiquetas (ou caneta para retroprojektor)

Procedimentos

1. Dissolva, em um frasco, 5 g de fermento biológico seco em uma pequena quantidade de água. Vá mexendo e acrescentando toda a água (120 mL) até a dissolução completa.
2. Identifique três saquinhos de plástico (com caneta para retroprojektor ou usando etiquetas) como “nada”, “açúcar”, “sal”.
3. Coloque a mesma quantidade de solução de fermento biológico (40 mL) em cada saquinho.
4. No saquinho identificado como “açúcar”, adicione uma colher de chá de açúcar.
5. No saquinho identificado como “sal”, adicione uma colher de chá de sal.
6. No saquinho identificado como “nada”, não acrescente nenhum ingrediente além da solução preparada.
7. Mexa bem o conteúdo de cada saquinho com um palito de madeira limpo (ou uma colher) até que o açúcar e o sal estejam dissolvidos no fermento. Use um palito limpo ou uma colher limpa para mexer cada amostra.
8. Amarre a abertura de cada um dos saquinhos na mesma altura e deixe-os em repouso por cinco minutos.
9. Enquanto aguarda o tempo necessário, organize e limpe o espaço onde trabalhou. Após, aproximadamente, cinco minutos observe o que aconteceu. Aperte delicadamente cada um dos saquinhos e sinta se há formação de gás em seu interior.
10. Registre suas observações no caderno.
11. Observe as massas preparadas na experiência 1. Abra os potes e sinta o odor despreendido das massas. Registre suas observações no caderno. Após a observação dos resultados, providencie a correta destinação dos materiais utilizados. Mantenha organizado e limpo o espaço em que trabalhou.

Resultados e discussão

Escreva no caderno

- a) O que é o fermento biológico?
- b) O que aconteceu com as massas preparadas na experiência 1? Explique as diferenças observadas.
- c) Os odores desprendidos das massas em cada pote são parecidos? Justifique.
- d) Na experiência 2, explique o que aconteceu em cada um dos saquinhos de plástico.
- e) Explique as diferenças observadas com base em seus conhecimentos sobre o processo de fermentação.
- f) É comum, nas receitas de pão que utilizam fermento biológico, a presença do açúcar como um dos ingredientes. Pesquise e explique a sua importância considerando o ciclo de vida das leveduras.

Fontes das informações: BIANCONI, M. L. *Leveduras: sal ou açúcar?* Rio de Janeiro: Instituto de Bioquímica Médica UFRJ, jul. 2008. Disponível em: <<http://www2.bioqmed.ufrj.br/ciencia/leveduras1.htm>>; ROSSI-RODRIGUES, B. et al. *A fermentação e a produção de pão: aula 2*. Campinas: Projeto Embrião, set. 2011. Disponível em: <<http://www.embriao.ib.unicamp.br/embriao2/visualizarMaterial.php?idMaterial=1239>>. Acesso em: dez. 2015.

A notícia

Tem algo de podre aí

Não adianta torcer o nariz. Há séculos consumimos alimentos em que fungos e bactérias são essenciais na formação do sabor, como vinhos, pães, cervejas e carnes secas. Algo que a humanidade aprendeu a fazer empiricamente. “O que sabemos até hoje sobre o papel desses microrganismos na alimentação é só a ponta do *iceberg*. Tem muito para vir à tona”, afirma Herold McGee, autor do livro **The Art of Fermentation**.

O controle de quanto tempo um produto dura até apodrecer e qual a melhor fase para consumi-lo tem interessado os pesquisadores do Nordic Food Lab. Eles estudam processos de maturação e cura de carnes, comuns na Escandinávia. “Nossa região é conhecida por sua char-

cuteria [técnica para fabricação de embutidos]. Mas usa-se muita defumação e salga, o que altera o paladar”, diz Ben Reade, chefe do laboratório.

A saída foi importar fungos utilizados nas ilhas do Atlântico Norte para conservar carnes. “Trabalhamos para identificar as espécies e de que forma agem criando uma camada externa que protege o alimento, mantendo sua maciez e gosto.”

A atuação dos fungos na produção de vinhos locais também já foi investigada. Amostras de uvas com *Botryotinia fuckeliana* foram levadas para o laboratório a fim de entender como esses microrganismos contribuíam para o sabor do vinho doce feito com elas. Depois de análises microscópicas realizadas

pelos botânicos do grupo, concluiu-se que o fungo produz furos microscópicos na casca da uva, fazendo com que se desidrate, concentrando mais açúcar. A ideia agora é colocar o *Botryotinia fuckeliana* para atuar em frutas silvestres — como cerejas e mirtilos — para acentuar sua doçura. “Um mundo fantástico vai se abrir à medida que entendermos como microrganismos transformam sabores”, diz Reade. “Isso demanda abordagem científica, o que tem tomado a gastronomia.”

TONON, R. A microbiologia invade a cozinha. **Galileu**, Globo, 28 jun. 2013. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,ERT339627-17773,00.html>>. Acesso em: abr. 2016.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler a notícia, responda:

1. O texto aborda a participação de microrganismos na produção de vinhos, pães e cervejas, por meio da fermentação. Qual é a principal diferença entre a fermentação etílica, envolvida na fabricação desses produtos, e a fermentação láctica, empregada na fabricação de queijos, iogurtes e coalhadas?
2. Por que os fungos da espécie *Botryotinia fuckeliana*, usados na fabricação de vinhos doces, provocam o desenvolvimento de sabores peculiares?

Respiração celular aeróbia

As **mitocôndrias** (**figura 15**) são delimitadas por duas membranas: a externa é lisa, enquanto a interna forma numerosas **cristas mitocondriais**. O espaço interno das mitocôndrias é ocupado pela **matriz mitocondrial**.

A respiração celular aeróbia permite a completa desmontagem da molécula de glicose. A degradação da glicose encerra-se com a formação de duas moléculas de ácido pirúvico, com três átomos de carbono cada uma, que podem seguir caminhos metabólicos distintos (**figura 16**).

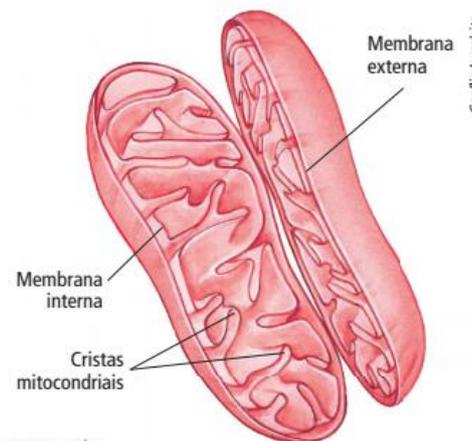
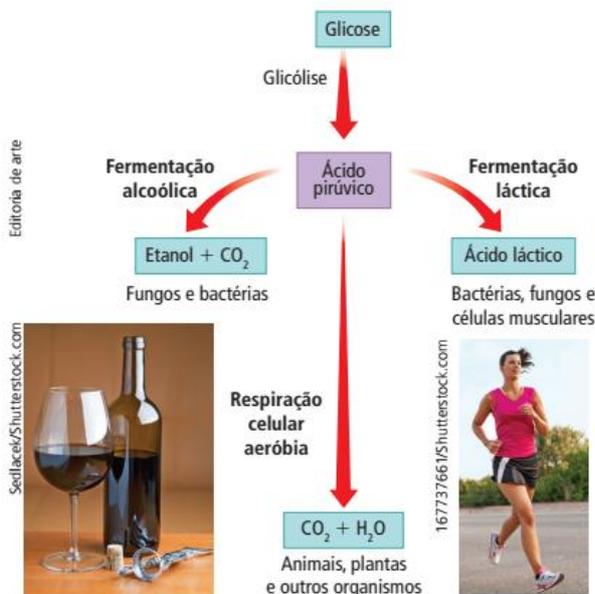


Figura 15. Mitocôndria: detalhe da estrutura tridimensional. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



Durante atividade física muito intensa, a degradação anaeróbia do ácido pirúvico provoca acúmulo de ácido láctico no tecido muscular.

Figura 16. Em condições anaeróbias, o ácido pirúvico pode ser transformado em etanol, com a liberação de uma molécula de CO₂, como fazem muitos fungos e bactérias; pode ser convertido em ácido láctico, por certas bactérias, determinados fungos e algumas células animais. Em condições aeróbias, ou seja, na presença de O₂, pode ser degradado completamente em CO₂ e água. Os dois primeiros caminhos são formas de fermentação, enquanto o terceiro é a respiração celular aeróbia.

Na **glicólise (tabela 2)**, que ocorre no citosol e tem cerca de dez reações consecutivas, destacam-se três eventos fundamentais:

- Fracionamento da molécula de glicose (com seis átomos de carbono) em duas moléculas de ácido pirúvico (cada uma com três átomos de carbono).
- Transferência de átomos de hidrogênio para moléculas de NAD^+ (nicotinamida-adenina-dinucleotídeo).
- Utilização de parte da energia liberada para a produção de ATP.

Na glicólise, ocorre o consumo de duas moléculas de ATP; entretanto, como se formam quatro, há um rendimento energético de duas moléculas.

Tabela 2. Glicólise	
<p>Os números entre parênteses indicam a quantidade de átomos de carbono dos compostos.</p>	<p>1</p> <p>No citosol, a glicose inicia uma série de reações químicas, nas quais seu esqueleto de seis átomos de carbono é quebrado em dois. Duas moléculas de ATP são usadas e há saída de hidrogênio, recolhido pelo NAD^+, que se converte em NADH. São produzidas duas moléculas de 1,3-bisfosfoglicerato, com três átomos de carbono cada.</p>
	<p>2</p> <p>As duas moléculas de 1,3-bisfosfoglicerato são convertidas em ácido pirúvico, em nova sequência de reações químicas, com a formação de quatro moléculas de ATP.</p>

Figuras: Editora de arte

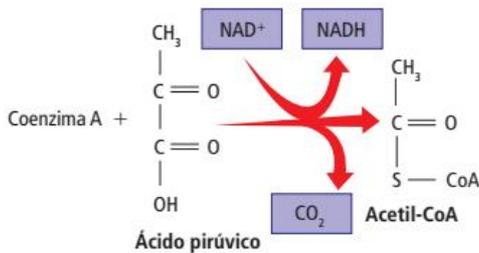


Figura 17. Para cada molécula de ácido pirúvico, um átomo de carbono é eliminado na forma de CO_2 . Átomos de hidrogênio são liberados e recolhidos pelo NAD^+ , formando-se NADH.

A sequência cíclica de reações, conhecida como ciclo de Krebs, foi desenvolvida, no início da década de 1930, pelo cientista alemão Hans Krebs, o que lhe valeu o prêmio Nobel. Em 1948, Albert Lehninger e Eugene Kennedy descobriram que todas as etapas do ciclo de Krebs e da fosforilação oxidativa ocorrem nas mitocôndrias.

Quando há O_2 , o ácido pirúvico que penetra nas mitocôndrias converte-se em acetil coenzima A ou acetil-CoA (figura 17).

O **ciclo de Krebs** também é conhecido por ciclo dos ácidos tricarboxílicos ou ciclo do ácido cítrico. Como cada molécula de glicose origina duas moléculas de acetil-CoA, todas as etapas do ciclo de Krebs ocorrem **duas vezes por molécula de glicose degradada**.

A maior parte da energia da glicose é extraída de elétrons dos átomos de hidrogênio, recolhidos pelo NAD^+ e pelo FAD (flavina-adenina-dinucleotídeo), que se convertem em NADH e FADH_2 . Assim, cada volta do ciclo produz uma molécula de ATP, três moléculas de NADH e uma molécula de FADH_2 .

Uma volta do ciclo de Krebs produz duas moléculas de CO_2 . Portanto, para cada molécula de glicose degradada, são quatro moléculas de CO_2 liberadas no ciclo de Krebs, que se somam às duas liberadas na conversão das duas moléculas de ácido pirúvico em acetil-CoA, totalizando **seis moléculas** de CO_2 (tabela 3).

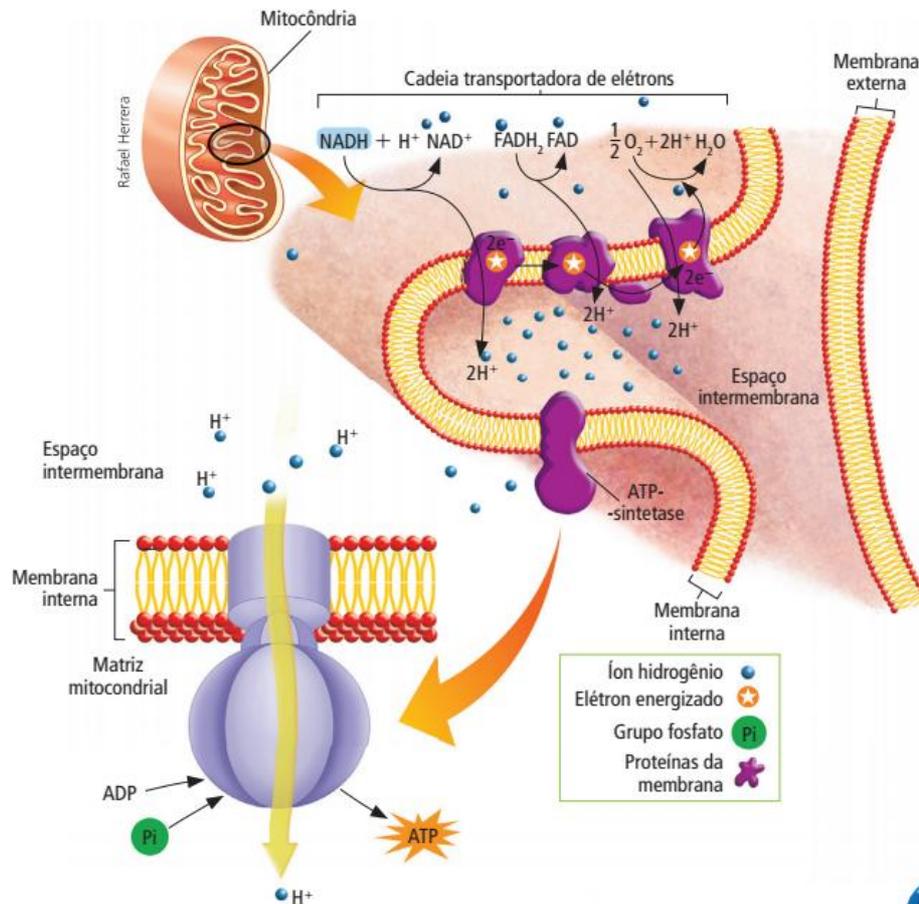
Tabela 3. Ciclo de Krebs	
<p>Os números entre parênteses indicam a quantidade de átomos de carbono dos compostos.</p>	<p>1</p> <p>Os dois átomos de carbono do acetil-CoA são adicionados aos quatro átomos do ácido oxaloacético, formando o ácido cítrico.</p>
	<p>2</p> <p>A partir do ácido cítrico, ocorre uma série de reações químicas, com a formação de vários compostos intermediários, até a regeneração do ácido oxaloacético. Em diferentes reações da sequência há perda de duas moléculas de CO_2 e saída de hidrogênios, recolhidos pelos aceptores NAD^+ e FAD, que se convertem em NADH e FADH_2. Há ainda liberação de energia suficiente para que uma molécula de ATP seja produzida em cada volta.</p>
	<p>3</p> <p>Com a fusão do ácido oxaloacético com outra molécula de acetil-CoA, reconstitui-se o ácido cítrico e inicia-se um novo ciclo.</p>

O aproveitamento da energia dos elétrons dos átomos de hidrogênio transportados pelo NADH e pelo FADH_2 inicia-se quando eles começam a percorrer a **cadeia respiratória**, que é uma sequência de aceptores, entre os quais estão os **citocromos**. À medida que os elétrons passam pelos componentes da cadeia respiratória, também conhecida por **cadeia transportadora de elétrons**, vão gradualmente perdendo energia, que a célula utiliza na geração de ATP, unindo grupos fosfato ao ADP (**fosforilação oxidativa**).

A geração de energia na cadeia respiratória (**figura 18**) ocorre porque, durante a passagem dos elétrons pelos citocromos, cria-se um gradiente de prótons H^+ entre o espaço intermembranas e a matriz mitocondrial. A passagem desses prótons H^+ no sentido da matriz, através de proteínas especiais (ATP-sintetase) da membrana interna da mitocôndria, gera energia que permite a fosforilação (produção de ATP).

Para cada molécula de NADH que libera seus elétrons na cadeia respiratória, três moléculas de ATP são formadas; se os elétrons chegam à cadeia respiratória com o FADH_2 , formam-se apenas duas.

Durante a glicólise, são geradas duas moléculas de NADH. Como a glicólise ocorre no citosol e a membrana externa das mitocôndrias é impermeável ao NADH, existem mecanismos de transporte que transferem elétrons do NADH para o interior das mitocôndrias. Essa passagem tem custo energético equivalente a uma molécula de ATP para cada molécula de NADH, de tal forma que cada molécula de NADH proveniente do citosol contribui para a produção de apenas duas moléculas de ATP, em vez de três, como ocorre com aquelas geradas no ciclo de Krebs, no interior das mitocôndrias.



Libera a energia da glicose na respiração celular aeróbia corresponde a liberar a energia luminosa que, na fotossíntese, excitou elétrons da clorofila e foi convertida em energia química.

Figura 18. Os componentes da cadeia transportadora de elétrons estão localizados na membrana interna das mitocôndrias. Cada citocromo é uma grande molécula proteica que possui um anel central com átomo de ferro (chamado grupo heme, também encontrado na hemoglobina). Na cadeia respiratória, o NADH e o FADH_2 cedem os elétrons ativados dos átomos de hidrogênio para aceptores, que os liberam para os citocromos. Em algumas das passagens, ocorre liberação de energia, utilizada na síntese de ATP. Acumulam-se íons H^+ no espaço intermembranas, que movimentam a enzima ATP-sintetase, gerando ATP. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Fonte: SIMON, E. J.; REECE, J.; DICKEY, J. L. *Campbell Essential Biology*. Boston: Pearson, 2013.

No fim da cadeia respiratória, os elétrons dos átomos de hidrogênio e os prótons H^+ são recolhidos pelo O_2 , formando-se moléculas de água. Portanto, o O_2 é o **aceptor final de elétrons** da cadeia respiratória.

O **cianeto** inibe moléculas que contêm ferro trivalente (Fe^{3+}), particularmente o citocromo a3, o último da cadeia respiratória. Impedida a passagem dos elétrons, toda a cadeia respiratória interrompe-se, com parada da produção de ATP. Da mesma forma, a **falta do gás oxigênio** nas células (ou **anóxia**) também interrompe a cadeia respiratória e a fosforilação oxidativa e pode levar à morte.

A liberação do cianeto na queima de materiais usados no revestimento acústico, durante o incêndio de uma casa noturna em Santa Maria (RS), em janeiro de 2013, foi uma das causas da morte de mais de 240 pessoas.

Figura 19. Sem o fornecimento suplementar de gás oxigênio, a mergulhadora não poderia permanecer submersa por mais do que alguns minutos.



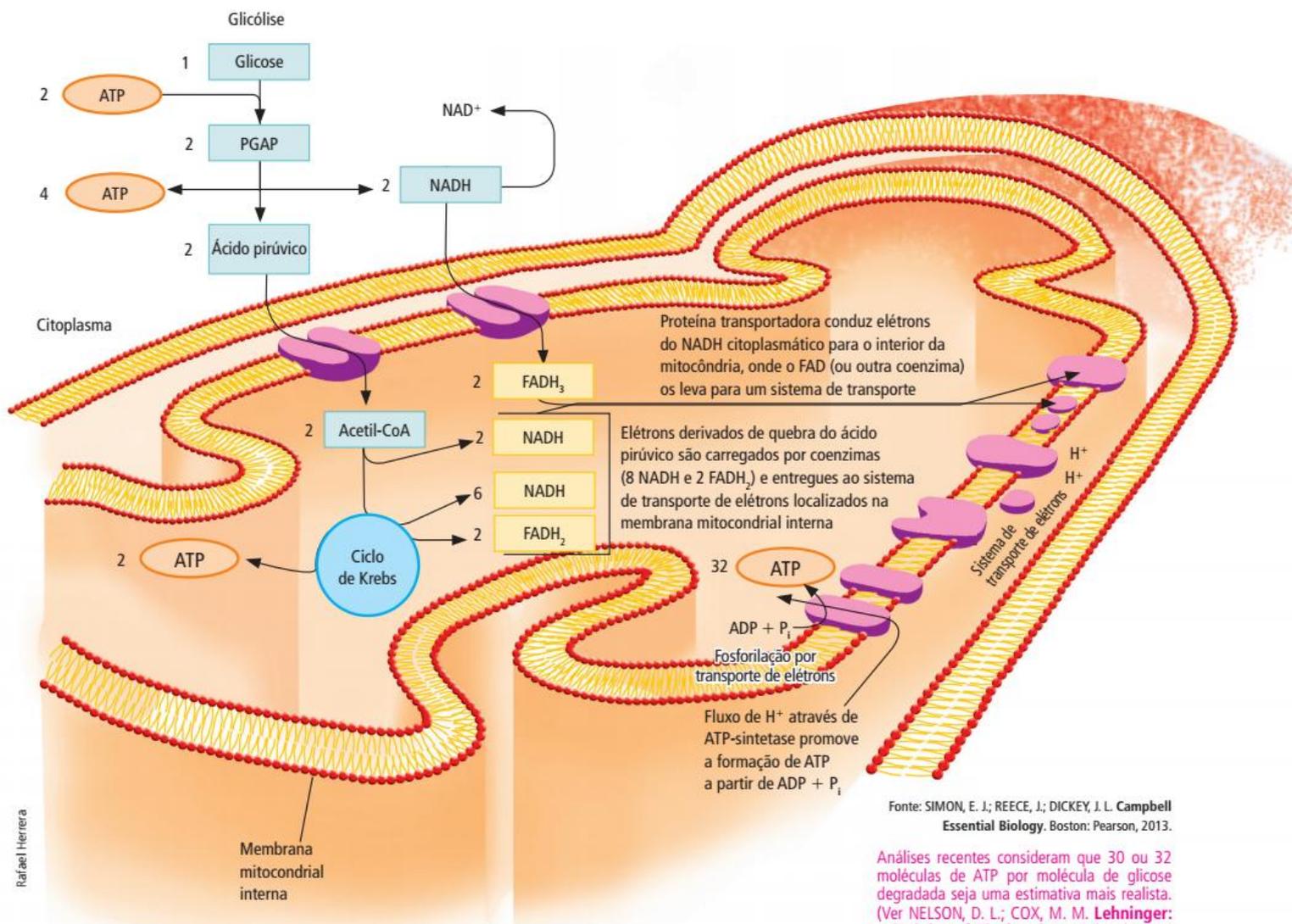
totophotos/Shutterstock.com

Balanco energético

A respiração celular aeróbia pode ser resumida na sua equação geral, em que P_i representa fosfato inorgânico:



As células em geral produzem 36 moléculas de ATP por molécula de glicose degradada (**figura 20**). Bactérias aeróbias e células do fígado, do coração e dos rins apresentam maior eficiência e obtêm 38 moléculas de ATP por molécula de glicose.



2 ATP

Dois ATP formados no primeiro estágio no citoplasma (durante a glicólise, pela fosforilação dos substratos, quando 2 ATP são consumidos e 4 ATP são produzidos).

4 ATP

NADH que é formado no citoplasma durante o primeiro estágio libera elétrons e hidrogênio, que permitem a formação de quatro ATP no terceiro estágio, na membrana mitocondrial interna (pela fosforilação por transporte de elétrons).

2 ATP

Dois ATP formados no segundo estágio dentro da mitocôndria (pela fosforilação dos substratos no próprio ciclo de Krebs).

28 ATP

Coenzimas do ciclo de Krebs e seus estágios intermediários liberam elétrons e hidrogênio, que permitem a formação de 28 ATP no terceiro estágio (pela fosforilação por transporte de elétrons na membrana interna da mitocôndria).

36 ATP
Rendimento energético mais comum

Figura 20. Formação de ATP nas diferentes etapas da respiração celular aeróbia. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

O termo **facultativo** dá a falsa ideia de "escolha"; entretanto, a via utilizada é determinada pelo ambiente.

▶ Usar gás oxigênio ou não?

Os seres vivos cujas células toleram mal (ou não toleram) a falta de O_2 são **aeróbios** (figura 21a). Algumas células dos aeróbios podem usar, ocasionalmente, a fermentação como via acessória de produção de ATP.

Certos organismos, como os fungos da espécie *Saccharomyces cerevisiae* (o levedo de cerveja), são **anaeróbios facultativos** (figura 21b): em meio desprovido de O_2 , degradam a glicose pela via anaeróbia, produzindo o etanol da cerveja; havendo O_2 disponível, porém, utilizam-no na respiração celular aeróbia, degradando a glicose em CO_2 e água.

Determinadas espécies de bactérias e de fungos não toleram o O_2 . São **anaeróbios estritos** ou **obrigatórios** (figura 21c). As bactérias da espécie *Clostridium tetani* são um exemplo. Em um fermento sem contato com o O_2 , os esporos originam as formas vegetativas, as quais liberam uma toxina que provoca o tétano.

▶ A via final comum

Esqueletos carbônicos não são exclusivos de carboidratos. Aminoácidos e ácidos graxos, que também os possuem em suas moléculas, podem originar compostos capazes de entrar em etapas intermediárias da respiração celular aeróbia. O emprego desses outros compostos orgânicos, além da glicose, também pode resultar na produção de ATP (figura 22).

Durante dietas pobres em carboidratos ou em períodos de jejum prolongados, o glicogênio armazenado no fígado atua como fonte de glicose para o sangue, mas esgota-se em poucas horas. Nessas circunstâncias, a atuação de determinados hormônios faz que certos sistemas enzimáticos entrem em funcionamento, redirecionando o metabolismo energético para outras fontes, particularmente para lipídios e proteínas.

Na dieta humana habitual, encontram-se carboidratos, lipídios e proteínas. O carboidrato ingerido em maior quantidade é o amido. Os lipídios, particularmente os de origem animal, são ingeridos na forma de triacilgliceróis, formados pela união de uma molécula de glicerol com três moléculas de ácidos graxos.

O glicerol contém três átomos de carbono e pode ser convertido em gliceraldeído, um dos intermediários da glicólise. Os ácidos graxos apresentam um número variável de átomos de carbono e são fracionados em moléculas com dois átomos de carbono, a partir das quais são formadas moléculas de acetil-CoA, capazes de mover o ciclo de Krebs. Cada molécula de ácido graxo permite a formação de muitas moléculas de acetil-CoA e produz mais ATP que os carboidratos: enquanto um grama de glicose libera cerca de 4 quilocalorias, um grama de lipídio libera mais de 9 quilocalorias.

Da quebra das longas cadeias de ácidos graxos resultam moléculas pequenas, chamadas corpos cetônicos, geralmente tóxicos quando acumulados no organismo em grandes quantidades, inviabilizando as tentativas de emagrecimento muito rápido. Se uma pessoa faz dieta muito rigorosa, degrada grandes quantidades de gordura e produz corpos cetônicos em quantidade maior do que é capaz de excretar, podendo sofrer intoxicação grave.

As proteínas são eventualmente empregadas como fonte de energia. Hidrolisadas, originam aminoácidos, que, perdendo o grupo amina, se convertem em intermediários da glicólise ou do ciclo de Krebs. O grupo amina, removido dos aminoácidos, é convertido em amônia ou em outras substâncias nitrogenadas, como a ureia (nos mamíferos) ou o ácido úrico (nas aves).

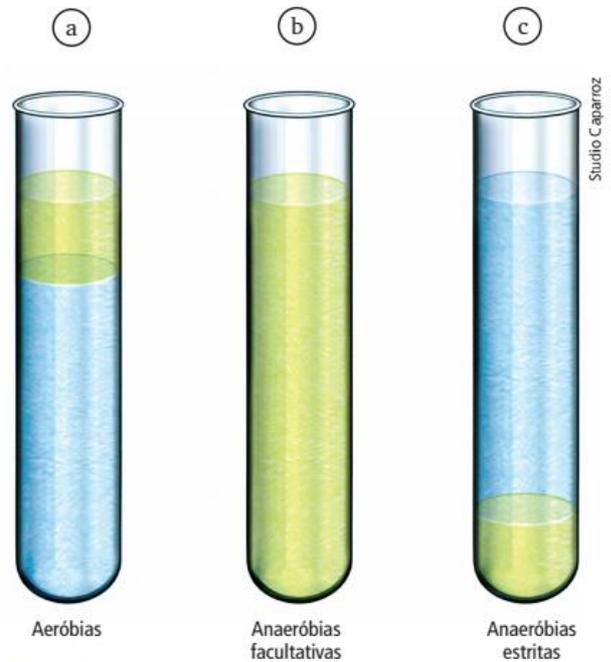


Figura 21. (a) Cultivadas em meio líquido, bactérias aeróbias desenvolvem-se junto à superfície e utilizam o O_2 do ar. (b) Bactérias anaeróbias facultativas podem desenvolver-se em todo o meio de cultura, tanto na presença como na ausência de O_2 . (c) Bactérias anaeróbias estritas desenvolvem-se longe da superfície, pois não sobrevivem na presença de O_2 . (Cores-fantasia.)

O texto e a ilustração destacam essa via metabólica como destino final de substratos de diversas origens. Evolutivamente, trata-se de uma adaptação que permitiu a manutenção da vida mesmo com variações na composição da dieta.

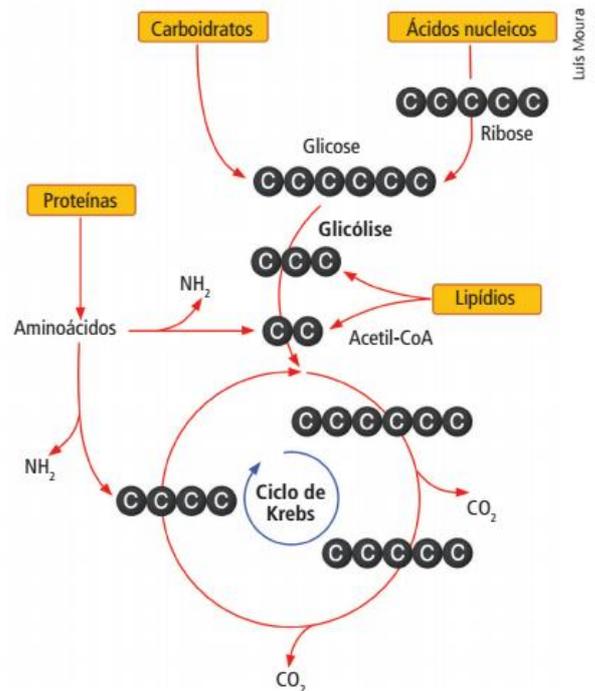
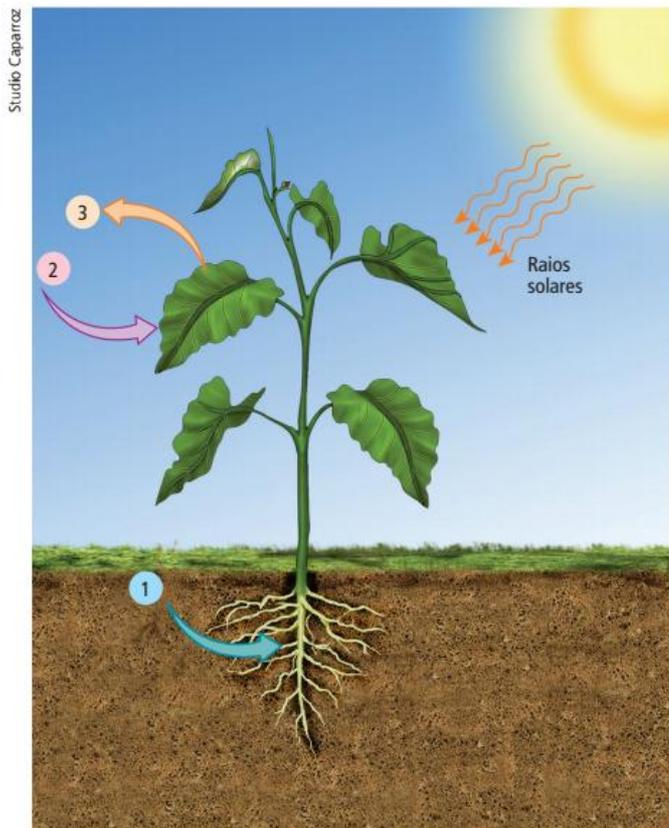


Figura 22. Carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos podem levar à produção de acetil-CoA, que movimenta o ciclo de Krebs, conhecido como via final comum.

Atividades

1. Ao tratar da fotossíntese, o bioquímico húngaro Albert Szent-Györgyi — laureado em 1937 com o Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina — afirmou: “O que mantém a vida na Terra é uma pequena corrente elétrica movida pela luz do Sol”. No esquema, os números correspondem a substâncias que as plantas utilizam ou produzem no processo de fotossíntese.



- a) Que grupos de seres vivos são capazes de realizar este processo? Em qual organeloide citoplasmático ocorre?
- b) Justifique a importância dada pelo pesquisador à fotossíntese, explicitada quando ele afirma que o fenômeno “mantém a vida na Terra”.
- c) Em ambiente iluminado, predominando a fotossíntese sobre a respiração celular aeróbia, os números 1, 2 e 3 indicam, respectivamente, quais substâncias? E se a planta for mantida em ambiente totalmente escuro, no qual predomina a respiração celular aeróbia?
- d) “... uma pequena corrente elétrica movida pela luz do Sol”. Correlacione esse trecho com os principais eventos bioquímicos da fotossíntese, e escreva a equação geral do processo.

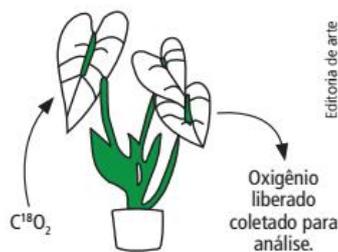
2. Dois discos de cartolina preta foram fixados às faces de uma folha de gerânio, como mostra a figura. A planta foi mantida sob iluminação intensa durante uma semana. Após esse período, a folha foi removida, fervida em água e, a seguir, em etanol, para remover os pigmentos. Depois, foi tratada com lugol, solução iodada que adquire coloração violeta quando em contato com o amido.



- a) Sabendo-se que o excedente da glicose produzida na fotossíntese pode ser armazenado na forma de amido, que resultado você espera obter após o tratamento dessa folha com o lugol? Por quê?
- b) Qual seria o resultado se a planta tivesse permanecido no escuro? Por quê?
3. (Vunesp-SP) Um pesquisador tinha uma importante pergunta sobre o processo de fotossíntese. Para respondê-la, elaborou dois experimentos, I e II, adotando os seguintes procedimentos.

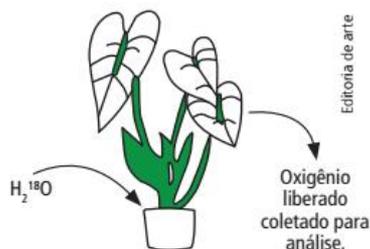
Experimento I

Plantas envasadas receberam gás carbônico marcado com isótopo pesado do oxigênio (^{18}O) e água não marcada com isótopo pesado. O [gás] oxigênio liberado no processo de fotossíntese foi coletado para análise.



Experimento II

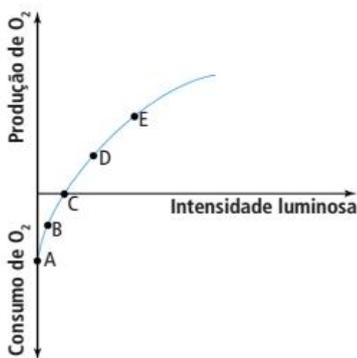
Plantas envasadas receberam água marcada com isótopo pesado do oxigênio (^{18}O) e gás carbônico não marcado com isótopo pesado. O [gás] oxigênio liberado no processo de fotossíntese foi coletado para análise.



Considerando que os procedimentos adotados foram elaborados adequadamente e bem-sucedidos, responda.

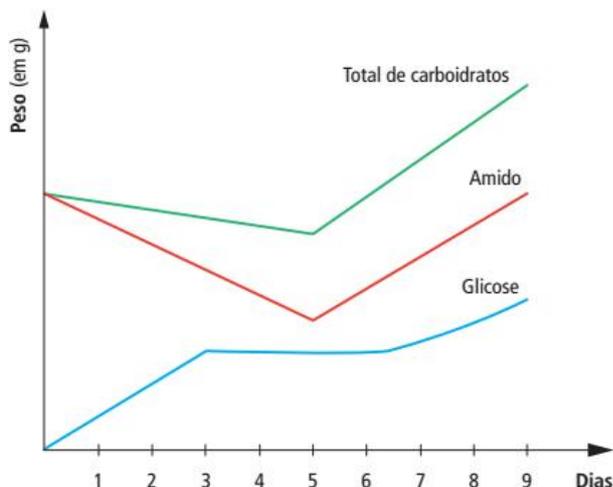
- Ao elaborar esses experimentos, o que o pesquisador pretendia investigar?
 - Em que experimento ele deve ter encontrado o isótopo $^{18}\text{O}_2$ sendo liberado pelas plantas? Com base nesse resultado, a que conclusão o pesquisador deveria chegar?
4. O consumo e a produção de O_2 por uma planta mantida na presença do ar atmosférico foram medidos, em função da luminosidade a que estava submetida, e os resultados da medição estão no gráfico seguinte:

Consumo e produção de O_2 em função da intensidade luminosa



Gráficos: Editora de Arte

- O que significa o ponto C, assinalado no gráfico?
 - Identifique os dois pontos da curva que representam condições para o crescimento dessa planta a partir do acúmulo de reservas energéticas. Justifique sua resposta.
 - Pela análise desses dados experimentais, como se explica a escassez de plantas herbáceas no interior das matas?
5. (Fuvest-SP) Um lote de sementes, plantadas em solo úmido, começou a germinar. O gráfico representa as variações nas quantidades de amido, glicose e total de carboidratos medidas em amostras de sementes do lote, em um período de nove dias após o início da germinação.



- Que processos metabólicos são responsáveis pelas variações que ocorrem até o quinto dia?
- E após o quinto dia?

6. Há mais de um século, quando Louis Pasteur reconheceu a participação das enzimas nos processos biológicos, antes de serem identificadas, chamou-as de fermentos. No preparo de pães e bolos, eles são misturados com farinha e água ou leite, pois as enzimas só agem na presença de água.



(a) A farinha tem amido, polímero da glicose. Sua fermentação produz etanol (ou álcool etílico) e CO_2 . O etanol, bastante volátil, evapora rapidamente com a elevada temperatura dos fornos. (b) Detalhe de algumas fatias de pão.

- Justifique a necessidade de, uma vez preparada a massa, os padeiros deixarem-na “descansando”.
 - Como se explica o crescimento da massa do pão e a formação das bolhas notadas nas fatias mostradas na imagem b?
 - Explique a diferença entre o metabolismo energético das células que ficam na superfície da massa e o metabolismo energético das células que ficam no seu interior.
7. Importantes atividades de organismos vivos resultam do aproveitamento e da transformação de diferentes tipos de energia (química, luminosa, elétrica etc.).
- Cite dois processos de transformação de energia, além do que ocorre na fotossíntese, explicando a qual função ou atividade biológica estão relacionados.
 - Cite dois processos biológicos de aproveitamento da energia química armazenada em compostos orgânicos e compare-os quanto à eficiência no aproveitamento da energia química contida em moléculas de glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).
 - Qual produto desses processos, ao acumular-se no músculo, provoca a fadiga muscular? De qual processo metabólico ele resulta?
8. O aumento do consumo de carboidrato no músculo é acompanhado de um aumento imediato e considerável do consumo de O_2 e de um aumento paralelo da eliminação de CO_2 .
- Qual a explicação para esse fato?
 - Por que o músculo é considerado um transformador de energia?

Bioenergia, componente da matriz energética

No portal do Ministério de Minas e Energia (disponível em: <<http://tub.im/jy8nk2>>; acesso em: dez. 2015) encontram-se informações relevantes e sempre atualizadas sobre o tema.

A partir do final do século XVII, com a Revolução Industrial, intensificou-se o uso dos combustíveis fósseis, principalmente do carvão mineral, como fonte de energia. Além dele, petróleo e gás natural também são combustíveis fósseis em razão de sua origem: formam-se pelo lento acúmulo e decomposição de matéria orgânica no interior da crosta terrestre, um processo que leva alguns milhões de anos para ocorrer. Portanto, carvão mineral, petróleo e gás natural resultam da fotossíntese ocorrida há centenas de milhões de anos. O petróleo é extraído do subsolo e usado como matéria-prima para a produção de gasolina, querosene e óleo diesel, que alimentam a economia mundial.

A demanda por petróleo tem crescido vertiginosamente desde o início do século XIX, e a dependência da economia mundial pelo chamado ouro negro fez que o mundo passasse a enfrentar problemas ambientais, políticos e sociais. Por ter estoques naturais finitos (uma vez que se trata de um recurso não renovável), a escassez do petróleo traz preocupação e provoca disputas entre países, não só pela questão energética, mas também pelos diferentes produtos da indústria petroquímica, como plásticos e fertilizantes.

Quando sofrem combustão completa, os combustíveis fósseis liberam gás carbônico e água. Já a queima incompleta resulta em outros gases, como o monóxido de carbono e os óxidos de enxofre e nitrogênio. Altamente poluidores, esses gases são responsáveis pela má qualidade do ar nas grandes cidades e considerados, junto ao gás carbônico, responsáveis pelo aquecimento global.

Além disso, na atmosfera, podem reagir com o vapor de água e formar ácidos que, precipitando-se com a chuva, contaminam o solo e a água. Essa é uma das razões pelas quais o aquecimento global e a perda da biodiversidade deixaram de ter o caráter de previsões alarmistas e passaram a ocupar os noticiários e a pauta de discussões de diversos setores da sociedade. Assim, tornou-se inevitável buscar mecanismos de desenvolvimento sustentável, para reduzir o comprometimento dos ambientes naturais e, ao mesmo tempo, permitir a melhora da qualidade de vida da população. Isso inclui a procura por fontes alternativas de energia e de mecanismos mais eficientes de distribuição e uso dessa energia. A busca por tecnologias que minimizem a liberação de poluentes atmosféricos é a meta deste século para todos os países. Pesquisar e descobrir novas matérias-primas para a geração de combustíveis renováveis passou a ser uma importante estratégia política e econômica dos países.

Na década de 1970, a chamada primeira crise do petróleo teve um reflexo imediato no Brasil: a criação do Proálcool, programa do governo federal que visava fomentar a produção de etanol para atender à demanda interna. Inicialmente, acrescentava-se o etanol à gasolina; porém, a partir de 1978, surgiram os primeiros automóveis movidos a etanol hidratado, uma alternativa à gasolina. Atualmente, a gasolina recebe uma adição de certo percentual de etanol anidro, e a maior parte dos veículos fabricados é *flex*, ou seja, pode funcionar com quaisquer desses combustíveis ou com uma mistura deles.



Vista aérea de usina de açúcar e álcool em Sertãozinho, São Paulo, 2013.

Os biocombustíveis (derivados de produtos agrícolas, como cana-de-açúcar, plantas oleaginosas, biomassa florestal e outras fontes de matéria orgânica) são considerados combustíveis renováveis. Como exemplo, citam-se o biodiesel, o etanol, o metano e o carvão vegetal, que podem ser usados isoladamente ou adicionados aos combustíveis convencionais.

Pela fotossíntese, os vegetais armazenam na biomassa parte da energia luminosa na forma de energia química. A conversão dessa energia química em combustíveis é um processo que envolve relativamente poucas etapas. No Brasil, o etanol é produzido pela fermentação do suco ou mosto, mistura açucarada obtida do esmagamento da cana-de-açúcar. Nesse processo atuam fungos (leveduras) que, em ambiente sem O_2 , fermentam a glicose e produzem etanol e gás carbônico.

A fermentação da biomassa de outras plantas também pode produzir etanol. É o que ocorre, por exemplo, com o milho e o trigo. Porém, o rendimento energético não é o mesmo para todas as culturas. A produtividade da cana-de-açúcar brasileira, em termos de litros de etanol por hectare plantado, é superior às demais plantas usadas nesse processo, inclusive da cana-de-açúcar de outros países. Comparando-se com o milho, enquanto aqui obtemos quase 7 mil litros de etanol por hectare de cana-de-açúcar plantado, o milho plantado nos Estados Unidos atinge pouco mais de 3 mil litros por hectare.

Outra vantagem competitiva do etanol de cana-de-açúcar brasileiro é o custo de produção, bem menor do que o produzido com as demais culturas ou mesmo com a cana-de-açúcar, em outros países. Mesmo assim, sabe-se que apenas um terço da biomassa da cana-de-açúcar é efetivamente usada na produção de etanol. Melhorias na eficiência dos processos podem permitir, por exemplo, o uso da celulose do bagaço e da palha da cana-

-de-açúcar. Dessa maneira, a produtividade por hectare plantado torna-se ainda maior, assim como a sustentabilidade econômica e ambiental.

Mais um aspecto positivo para o Brasil na questão energética é a possibilidade de exportar o etanol anidro como aditivo para a gasolina. A gasolina necessita de aditivos que melhorem seu desempenho. Para isso, já foram usados aditivos à base de chumbo (como o chumbo tetraetila) e o MTBE (éter metil terc-butilíco), que também é um derivado do petróleo. Aditivos à base de chumbo são proibidos por serem altamente poluentes e cancerígenos, como também é o MTBE. Por essa razão, alguns países têm metas de substituí-lo por biocombustíveis, como o etanol anidro. Na opinião de muitos analistas, esta pode ser considerada a grande aposta do etanol brasileiro e dos biocombustíveis em escala mundial: não como combustível único (o etanol hidratado), mas como aditivo aos combustíveis tradicionais.

Óleos vegetais e gordura animal podem ser transformados em biodiesel por meio de processos químicos diferentes daqueles empregados na produção de etanol. Vários tipos de plantas, como palma, soja, girassol, canola e mamona e até mesmo as algas das regiões gélidas, estão entre os vegetais dos quais são extraídos os óleos usados como biodiesel. Assim como a cana-de-açúcar, as palmeiras tropicais apresentam maior rendimento energético quando comparadas aos demais vegetais usados como matéria-prima para o biodiesel.

O biodiesel pode substituir total ou parcialmente o óleo diesel em motores de veículos leves e pesados e também em geradores de eletricidade.

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

Escreva
no caderno

1. O quadro a seguir refere-se a fontes de energia:

I – urânio, plutônio, tório
II – etanol, biomassa, carvão vegetal, biodiesel
III – geotérmica, maremotriz, eólica, solar
IV – petróleo, carvão mineral, gás natural, urânio

Como se classificam, respectivamente, as matrizes energéticas indicadas em I, II, III e IV?

- a) Não renováveis, alternativas, nucleares, renováveis. d) Nucleares, não renováveis, renováveis, alternativas.
b) Não renováveis, renováveis, alternativas, nucleares. e) Nucleares, renováveis, alternativas, não renováveis.
c) Nucleares, alternativas, não renováveis, renováveis.

2. Leia o texto.

Energia e alimentos são considerados cada vez mais produtos escassos em muitas partes do mundo. Recentemente, os produtos agrícolas, bem como os recursos usados para sua produção, estão se tornando fontes alternativas de energia. Isso coloca pressão adicional sobre a produção do setor agrícola. A expectativa de preços de energia mais altos torna os produtos agrícolas mais competitivos como fontes de produção de energia, como tal substituindo o fim básico da agricultura produtora de alimentos. Isso leva o governo a tomar decisões disciplinadoras na alocação dos recursos entre a produção de alimentos e a de energia. Essas decisões serão influenciadas tanto pela disponibilidade de recursos usados na produção agrícola como pela oferta e demanda de alimentos e de energia.

CRUZ, J. C. F. Produção de biocombustíveis: consideração de alguns possíveis impactos do aumento da produção e área plantada sobre a economia leiteira. In: **Anais do VII Enppex**. Campo Mourão: Fecilcam, 2011.

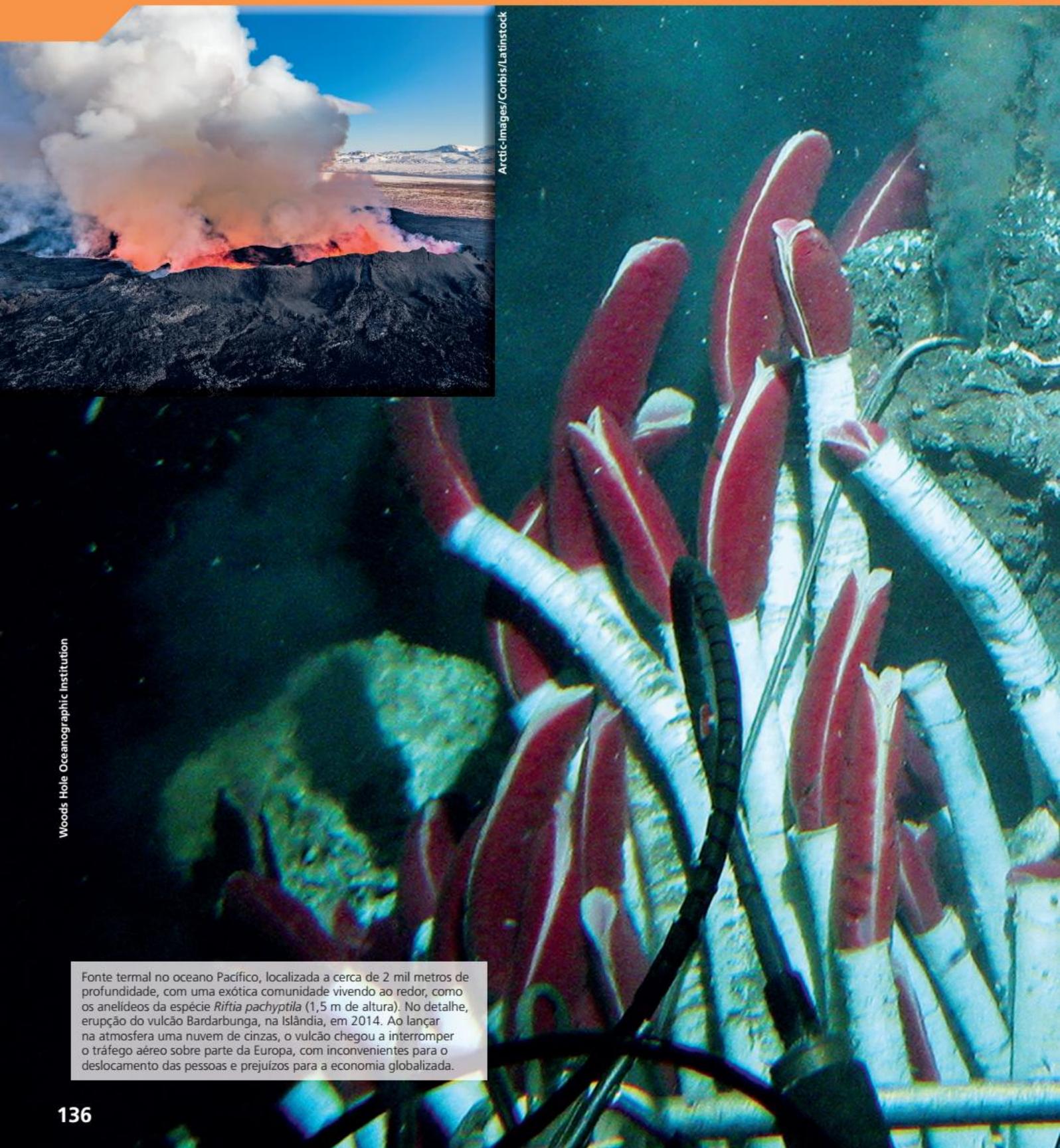
Pode-se dizer que o assunto apresentado no texto possui relações com a atual crise global de escassez e alta de preços dos alimentos? Justifique.

Origem da vida

Hipóteses sobre um passado remoto



Arctic-Images/Corbis/Latinstock



Woods Hole Oceanographic Institution

Fonte termal no oceano Pacífico, localizada a cerca de 2 mil metros de profundidade, com uma exótica comunidade vivendo ao redor, como os anelídeos da espécie *Riftia pachyptila* (1,5 m de altura). No detalhe, erupção do vulcão Bardarbunga, na Islândia, em 2014. Ao lançar na atmosfera uma nuvem de cinzas, o vulcão chegou a interromper o tráfego aéreo sobre parte da Europa, com inconvenientes para o deslocamento das pessoas e prejuízos para a economia globalizada.

A vertical photograph on the left side of the page shows several red hydrothermal vents, also known as "black smokers," rising from the seafloor. The vents are covered in a thick, red, mineral-rich crust. The surrounding water is dark and slightly hazy, with some light reflecting off the rocky structures.

Alienígenas no leito oceânico

Erupções vulcânicas evocam as origens da Terra, há mais de 4 bilhões de anos, quando a crosta ainda não plenamente consolidada recebia abundante extrusão de magma das profundezas, além de grande quantidade de descargas elétricas e de radiações vindas do espaço. Esse ambiente inóspito pode ter sido o cenário do surgimento da vida, que evoluiu para a fantástica biodiversidade de hoje.

No mundo, cerca de 1 800 vulcões ativos criam, modelam e destroem paisagens. A catastrófica erupção do Monte Santa Helena, em 1980, no estado de Washington (EUA), demonstrou o poder avassalador de um deles: com potência equivalente a 1 600 bombas atômicas iguais à que destruiu Hiroshima (Japão), na Segunda Guerra Mundial, a explosão do Santa Helena foi ouvida a 300 km de distância, arrasou 1 000 km² de vegetação nativa, matou quase 60 pessoas, derrubou 200 casas e causou prejuízo de US\$ 3 bilhões.

Vulcões desempenharam papéis fundamentais na formação e em modificações do planeta. Emissões vulcânicas (ricas em óxidos de enxofre e de nitrogênio, dióxido de carbono, monóxido de carbono, gás sulfídrico, materiais particulados e outros componentes) forjaram a composição química da atmosfera e dos oceanos primitivos e forneceram ingredientes fundamentais para a origem, a evolução e a manutenção da vida. Espetaculares e perigosos, os relâmpagos vulcânicos também intrigam os cientistas, que pesquisam por que as descargas vulcânicas se tornam eletricamente carregadas.

Fontes hidrotermais de origem vulcânica são ambientes com características físicas e químicas peculiares. Ricas em compostos oxidantes e em compostos redutores, elas apresentam temperaturas elevadas e altas concentrações de certas substâncias (como apatita, argila, hidróxidos e sulfetos) que podem reagir quimicamente ou atuar como catalisadores. Essas condições promovem reações de síntese e inibem reações de hidrólise, em um cenário que, ao menos hipoteticamente, sugere as condições em que surgiram os primeiros compostos orgânicos complexos e as formas de vida primitivas. Estudos sobre bactérias termofílicas (tolerantes ao calor) encontradas nesses locais trouxeram nova abordagem para a análise bioquímica dos seres vivos, auxiliando na compreensão da origem e da evolução da vida na Terra. Em resumo, elas poderiam se assemelhar aos primeiros habitantes do planeta.

Em 1977, investigando o leito oceânico próximo ao arquipélago de Galápagos, no oceano Pacífico, a 2 500 m de profundidade, com o auxílio de pequenos submersíveis, oceanógrafos e geólogos fizeram uma descoberta surpreendente. Em fontes hidrotermais chamadas fumarolas negras, encontraram comunidades até então desconhecidas, sobrevivendo em completa escuridão; portanto, não à custa da fotossíntese. Havia poliquetas e bivalves gigantes, caranguejos, polvos e peixes albinos e um tapete esbranquiçado de bactérias. Depois dessas, outras fumarolas foram encontradas, em várias partes do mundo, com comunidades quase idênticas.

A água aquecida que sai das fumarolas é rica em gás sulfídrico (H₂S) e minerais dissolvidos (principalmente sulfetos); por isso, é escura. Bactérias autotróficas sintetizam matéria orgânica por quimiossíntese, utilizando a energia química obtida na oxidação do gás sulfídrico e dos sulfetos, à semelhança do que os autótrofos fotossintetizantes fazem com a energia luminosa. Essas bactérias desempenham o papel ecológico de produtores, servindo de alimento para os consumidores e sustentando toda a comunidade. Pelo que se verificou em fumarolas inativas, a parada da saída de água interrompe a fonte de energia da comunidade, que acaba morrendo.

Comunidades semelhantes foram encontradas no leito do Golfo do México, em pontos de escape de petróleo e gás natural. Aparentemente, a quimiossíntese nessas comunidades é dependente da energia química obtida do gás metano (CH₄) e de hidrocarbonetos. Diferentemente da fotossíntese, a quimiossíntese não libera gás oxigênio (O₂). Muitos componentes dessas comunidades são anaeróbios e não dependem do gás oxigênio. Porém, existem organismos aeróbios, e o gás oxigênio de que eles dependem encontra-se dissolvido na água e resulta da fotossíntese executada por autótrofos (algas e plantas) das camadas oceânicas mais superficiais.

Observar *in loco* essas comunidades é uma experiência instigante. Observá-las buscando evidências que nos remetem aos primórdios da vida pode ser ainda mais enriquecedor, uma verdadeira janela para o passado!

Convém admitir, desde logo, que não sabemos como a vida começou.

Stanley Miller (1930-2007), químico norte-americano.¹

Em seu livro **A origem das espécies**, publicado em 1859, Charles Darwin afirmou que, diferentemente da crença geral na época, as espécies não são estáticas e imutáveis, mas se alteram durante longos períodos. Antes de representarem uma solução, as teorias evolucionistas que agitaram o mundo científico no século XIX vieram acrescentar uma boa dose de indagações aos problemas sobre a vida e sua origem. Quando Darwin afirmou que as espécies evoluem de outras, preexistentes, lançou uma pergunta para o passado: de onde vieram os primeiros seres vivos, que não tinham ancestrais dos quais podiam se originar?

As ideias darwinistas sobre a evolução antecederam em mais de meio século a publicação do livro **A origem da vida**, de Aleksandr Oparin (1894-1980), obra em que esse bioquímico russo expõe suas ideias a respeito do surgimento dos seres vivos como uma evolução lenta e gradual de sistemas inorgânicos.

▶ A vida a partir da matéria inorgânica

René Descartes e Isaac Newton foram alguns dos mais ilustres defensores da abiogênese.

Até meados do século XIX, era aceita a hipótese da **geração espontânea**, segundo a qual, sob certas circunstâncias, seres vivos poderiam surgir espontaneamente de matéria inorgânica (**abiogênese**) ou de materiais provenientes de outros seres vivos (**heterogenia**).

Habitualmente, os defensores da geração espontânea são vistos como cientistas ingênuos, despreparados ou descuidados. Na verdade, muitos deles foram cuidadosos, e seus experimentos, bem executados. Porém, as “verdades” mudam, e a ciência não segue caminhos retilíneos e sem sobressaltos. Cientistas elaboram modelos, ou seja, conjuntos de explicações para determinados fatos ou fenômenos. Experimentos bem realizados podem trazer elementos favoráveis a um ou outro modelo, mas nunca o fazem de maneira definitiva.

Modelos são falseáveis, isto é, podem se mostrar inconsistentes, incompletos ou falsos; podem ser “remendados”, refeitos ou simplesmente abandonados. Além disso, a ciência não caminha em descompasso com o contexto histórico. Fatores de ordem cultural, moral, social, religiosa ou econômica interferem no trabalho dos cientistas e em suas conclusões.

Discussões sobre a origem da vida constituem um dos temas mais férteis da história da ciência. Como surgiu a vida? Plantas e animais sempre se originam de plantas e animais anteriores? Existem exceções? Os microrganismos surgem de microrganismos preexistentes?

Para uma pessoa do século XXI, acreditar em geração espontânea parece inconcebível; todavia, essa convicção pode ser desafiada se levarmos a pergunta ao passado mais remoto: se nenhum ser vivo surge a não ser de um preexistente, como surgiram os primeiros seres vivos, que não tinham ancestrais?

Para aqueles que professam uma crença religiosa, a explicação pode estar em um ente superior, onipotente, que criou o Universo, a Terra e todos os seres vivos. O fenômeno da **criação** seria, portanto, um **fenômeno sobrenatural**, que não pode ser entendido ou explicado apenas com base em causas naturais. Entretanto, não faz parte das atribuições da ciência — e da Biologia, em particular — discutir fenômenos dessa ordem. Ao contrário, a ciência procura descobrir como a vida surgiu por meio de processos naturais.

Costuma-se atribuir ao filósofo grego **Aristóteles** (384 a.C.-322 a.C.) — um dos mais influentes pensadores e dos que mais se preocuparam com a natureza e a origem da vida — o título de pai da abiogênese (do grego *ábios*, sem vida, e *gênesis*, origem), defensor da existência de um **princípio ativo** ou **princípio vital** capaz de produzir matéria viva a partir de matéria bruta (inorgânica). Trata-se de um equívoco.

Aristóteles compreendia a estrutura e o funcionamento do sistema genital dos animais e admitia a geração espontânea nos casos em que não se conheciam os processos reprodutivos. Ele acreditava que, sob determinadas circunstâncias, seres vivos poderiam surgir de matéria orgânica. Em seus textos, Aristóteles nunca fez menção a nenhuma força sobrenatural capaz de transformar matéria inorgânica em ser vivo; pelo contrário, defendia que a origem dos organismos, mesmo por geração espontânea, fosse um fenômeno natural.

No século XVII, o alquimista, biólogo e físico holandês **Jean-Baptiste van Helmont** (1580-1644), estudioso da fisiologia das plantas, defendia a geração espontânea e procurou demonstrar a origem da matéria que permitia às plantas crescerem nos vasos (**figura 1**).

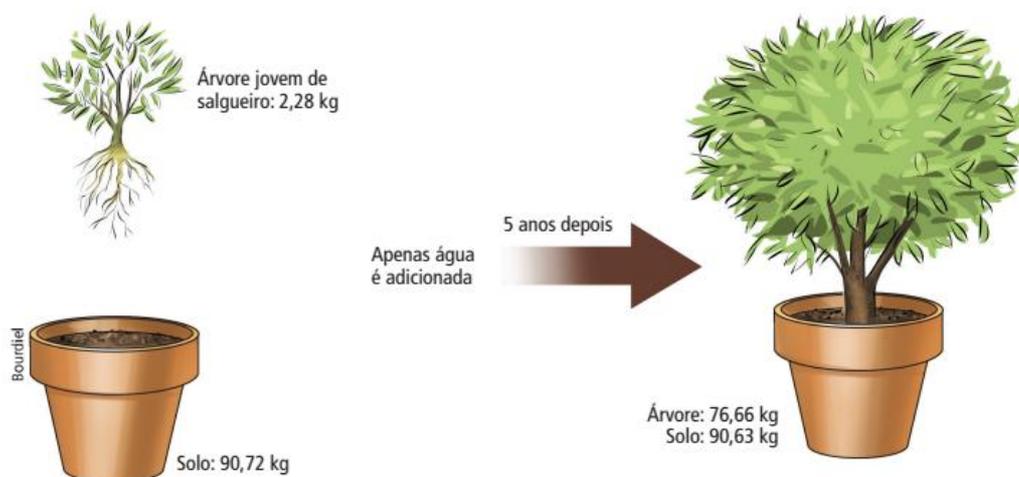


Figura 1. Van Helmont dizia que o corpo das plantas originava-se da água. Tornou-se clássico seu experimento sobre as transformações ocorridas no salgueiro cultivado em um vaso, cujo resultado levou-o a concluir que o aumento da massa da planta demonstrava a ocorrência da geração espontânea. Como os detalhes químicos da fotossíntese eram desconhecidos na época, Van Helmont desconsiderou a matéria orgânica produzida e o CO₂ assimilado. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

¹Apud MARGULIS, L.; SAGAN, D. **O que é vida?** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

Em 1668, o médico e físico italiano **Francesco Redi** estava interessado em estudar a origem de larvas que se desenvolviam em materiais biológicos em putrefação (como pedaços de carne). Para isso, colocava materiais diversos em condição de sofrer decomposição naturalmente, observando o surgimento e o desenvolvimento de larvas.

Sua atenção foi atraída por uma observação: Redi verificou que, depois de se alimentarem de carne por algum tempo, as larvas tornavam-se imóveis e revestiam-se de uma camada endurecida, adquirindo formato ovalado (ou seja, originavam pupas). Depois de alguns dias, as pupas abriam-se e delas saíam moscas semelhantes às que ele observava pousando na carne. Ele concluiu que as larvas deveriam se originar da eclosão dos ovos das moscas.

Para testar a hipótese, Redi colocava pedaços de peixe, de serpente ou de outra carne em frascos abertos e observava que, em alguns dias, surgiam larvas, enquanto em frascos fechados elas não apareciam, mesmo depois de a carne ter apodrecido. Ele acreditava estar demonstrando o papel dos ovos no desenvolvimento das moscas; no entanto, seu trabalho foi criticado por defensores da geração espontânea, ao afirmarem que as larvas não se formavam porque nos frascos fechados não entrava ar.

Para evitar essa contestação, Redi realizou os experimentos com algumas modificações: em vez de fechar os frascos, passou a cobri-los com musselina napolitana (um tipo de gaze) e, ainda assim, não surgiam larvas (**figura 2**). Pareceu-lhe claro que o surgimento das larvas só ocorria quando as moscas entravam em contato direto com a carne e nela punham seus ovos.

Aparentemente, os trabalhos de Redi representavam um “golpe” contra a hipótese da geração espontânea. O mais correto, no entanto, seria dizer que os resultados falavam contra a geração espontânea **particularmente nesse caso**.

Francesco Redi acreditava firmemente que a origem primeira dos seres vivos fosse a criação divina, como deixa claro no seguinte trecho:

Depois de haver gerado as primeiras plantas e animais por ordem do Criador Supremo e Onipotente, a Terra não produziu nenhum tipo de planta ou animal, quer perfeitos, quer imperfeitos; e tudo o que sabemos que ela produziu, no passado ou no presente, veio exclusivamente das “sementes” das próprias plantas ou animais, que, desse modo, por seus próprios meios, preservam as espécies.

Apud MARGULIS, L.; SAGAN, D. **O que é vida?** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

Os trabalhos de Redi tiraram parte do crédito da geração espontânea, mas ela readquiriu vigor com a invenção dos microscópios. Quando pesquisadores observaram grande quantidade de seres minúsculos em uma gota de água, acharam-nos insignificantes para que pudessem se reproduzir e julgaram que aumentavam em número por geração espontânea.

Em meados do século XVIII, já não se falava em geração espontânea para explicar o aparecimento de plantas e animais, mas ela ainda era associada ao surgimento de microrganismos e vermes. Em 1745, o naturalista e padre católico inglês **John Tuberville Needham** (1713-1781) realizou algumas experiências para testar a hipótese da geração espontânea. Colocou caldo de carne de carneiro em frascos de vidro, aqueceu-os por certo tempo e fechou-os com rolhas de cortiça; em seguida, voltou a aquecê-los. Algum tempo depois, verificou a presença de microrganismos nos caldos, afirmando que eles haviam surgido por geração espontânea.

Os experimentos de Needham deram força às ideias do matemático e pesquisador francês **conde de Buffon** (1708-1788). Segundo Buffon, “quando um animal morre, seus componentes orgânicos não morrem imediatamente, podendo se reorganizar em organismos mais simples”.

Os resultados de Needham também foram usados como argumento pelos iluministas, adeptos de uma visão materialista: se a vida podia ser gerada de materiais em decomposição, não haveria razão para acreditar na existência de um Ser Supremo e Criador. A geração espontânea passou a ser vista como contrária à Igreja Católica.

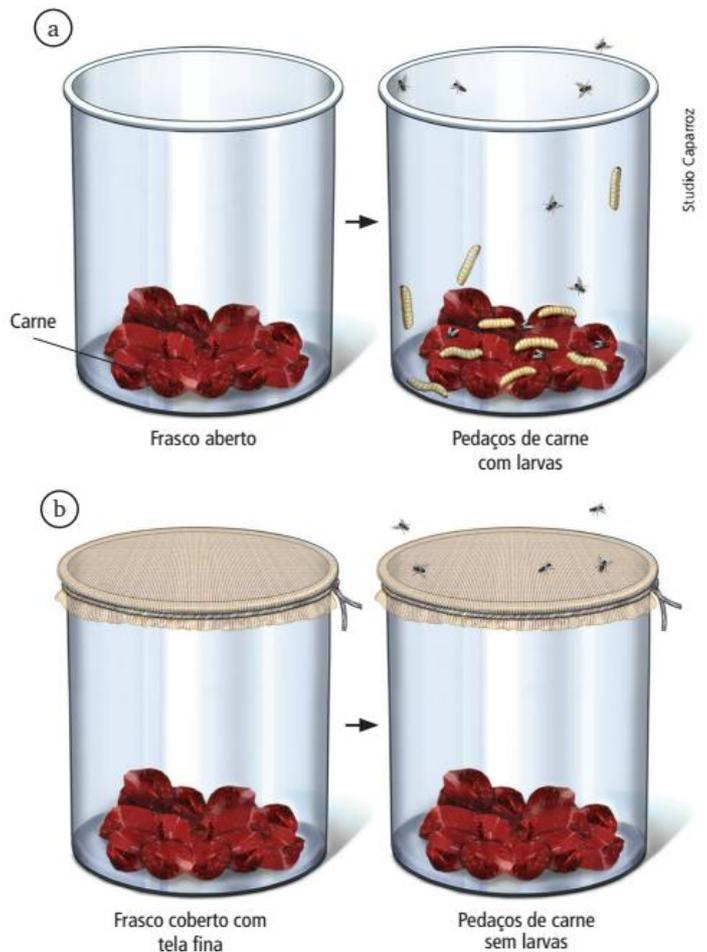


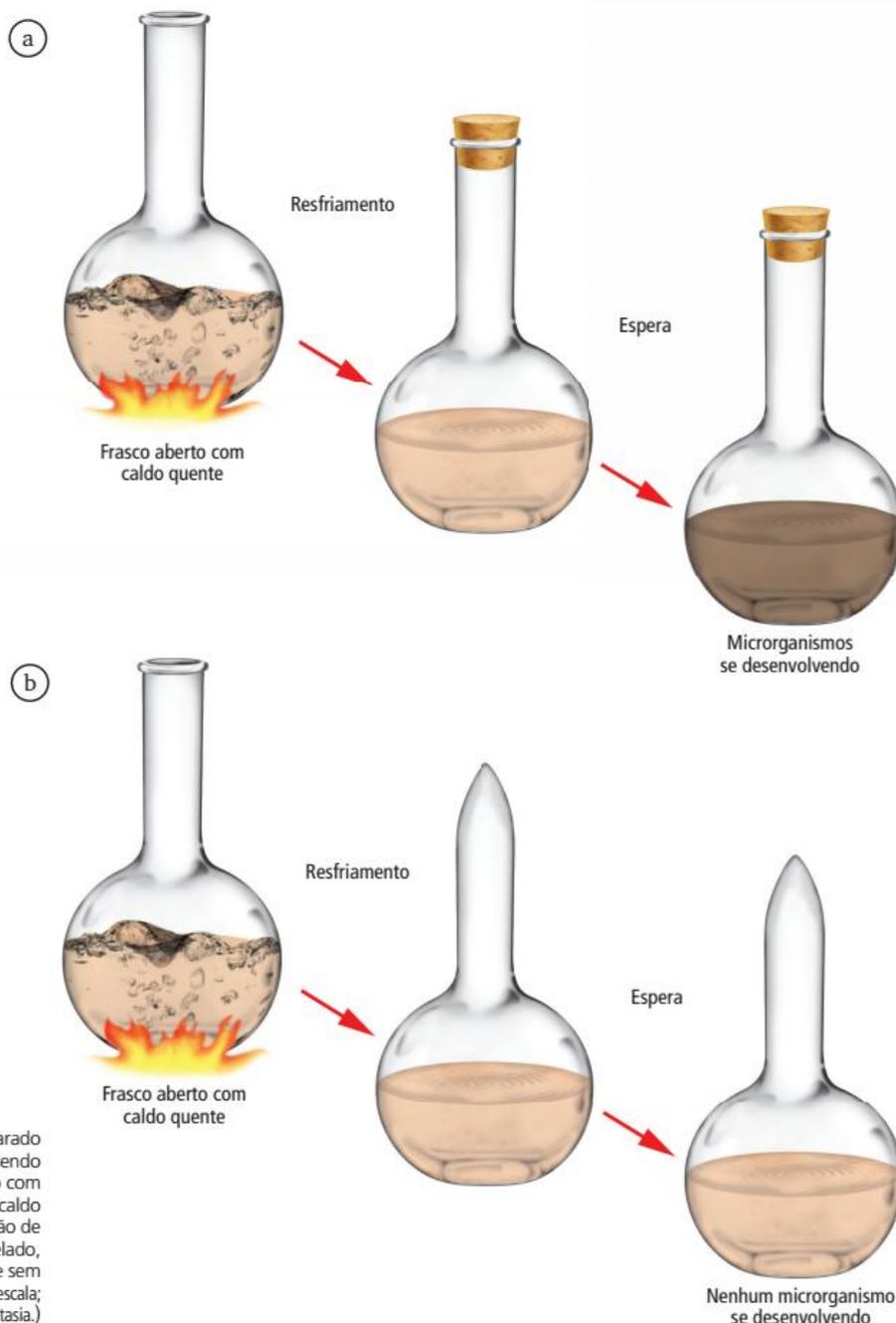
Figura 2. (a) Nos frascos abertos, com pedaços de carne, após uma semana surgiam muitas moscas e larvas. (b) Em frascos fechados, com pedaços de carne, as larvas não surgiam, porque a presença da gaze impedia que as moscas depositassem os ovos na carne. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

O biólogo e padre católico italiano **Lazzaro Spallanzani** (1729-1799) tinha críticas aos trabalhos de Needham, pois acreditava que os microrganismos haviam aparecido porque o tempo de aquecimento não fora suficiente para destruí-los. Além disso, não aceitava a ideia de que a vida poderia prescindir da existência de Deus. Em 1776, Spallanzani repetiu as experiências de Needham, com modificações. Ele colocou caldos nutritivos em frascos de vidro e os tratou diferentemente: alguns foram fervidos e fechados com rolha de cortiça; outros foram fervidos por uma hora e, depois, lacrados pelo derretimento do gargalo ao fogo.

Após alguns dias, Spallanzani verificou que, nos frascos fechados apenas com rolha de cortiça (**figura 3a**), apareciam muitos germes; nos frascos fervidos e selados (**figura 3b**), os caldos nutritivos continuavam livres de microrganismos. Spallanzani concluiu que o tempo de aquecimento aplicado por Needham não teria sido suficiente para destruir todos os germes presentes nos frascos ou para impedir a entrada de novos microrganismos depois que o caldo esfriasse.

Os resultados de Spallanzani sofreram forte objeção. Needham e outros defensores da geração espontânea argumentavam que Spallanzani havia aquecido excessivamente os caldos de cultura por muito tempo, destruindo a força vegetativa e "corrompendo o ar" do interior dos frascos, e isso teria impedido o desenvolvimento da vida.

Spallanzani repetiu seus experimentos numerosas vezes, com outros materiais, e obteve resultados semelhantes. Também verificou que, depois de abertos os frascos, neles se desenvolviam microrganismos. Porém, como na época não se conhecia a real natureza do ar, persistia a dúvida, pois era plenamente aceitável argumentar que o aquecimento do ar alteraria alguma propriedade essencial ao desenvolvimento da vida.



Ilustrações: Luis Moura

Figura 3. Caldo nutritivo, preparado com suco de frutas e carne, sendo fervido. (a) No frasco fechado com rolha, depois de alguns dias, o caldo tornou-se turvo pela proliferação de microrganismos. (b) No frasco selado, o caldo manteve-se limpo e sem microrganismos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

► Pouchet e Pasteur: questões além da ciência

Até este momento, não tratamos da **abiogênese**, que é a ideia de que a vida surge de matéria inanimada, mas da **heterogenia**, segundo a qual a matéria orgânica proveniente de seres vivos poderia originar outros seres vivos. Até o século XIX, afirmava-se que os componentes desses materiais poderiam se rearranjar e formar novos organismos. Assim, a carne em putrefação originaria larvas, folhas que caíssem na água formariam peixes ou pássaros, e caldos nutritivos poderiam formar “infusórios” (os microrganismos que apareciam nos frascos).

Um dos defensores da heterogenia foi o médico francês **Félix Pouchet** (1800-1872), que publicou uma extensa lista de experimentos sobre o assunto. Em um recipiente absolutamente vedado, Pouchet colocou água fervida e feno previamente aquecido a 100 °C. Com a fervura da água e o aquecimento do feno, pretendia esterilizar esses materiais. A seguir, o líquido foi borbulhado com gás oxigênio (O₂) puro, obtido quimicamente. Depois de alguns dias, Pouchet verificou que o líquido estava repleto de microrganismos, que ele acreditava terem se formado por geração espontânea, desde que dadas algumas condições: matéria orgânica em decomposição, água e ar.

Depois de alguns anos de trabalho, Pouchet descreveu meticulosamente seus experimentos e reuniu os resultados em uma obra intitulada **Heterogenia ou tratado sobre a geração espontânea**, publicada pela primeira vez em 1859 e amplamente favorável à hipótese da geração espontânea.

No mesmo ano, o naturalista britânico Charles Darwin publicou o livro **A origem das espécies**, no qual tratava da evolução dos seres vivos e do papel da seleção natural. Tanto a hipótese da geração espontânea quanto as ideias de Darwin eram vistas como contrárias aos dogmas da Igreja Católica, pois tiravam das mãos de um Ser Supremo a origem e a evolução da vida.

Na metade do século XIX, a maioria dos cientistas franceses tinha uma posição francamente favorável à Igreja Católica e chegava a admitir que o estudo sobre a origem da vida não seria pertinente à ciência, mas à religião.

Em 1860, motivada pelas discussões sobre a origem da vida e pelo livro de Pouchet, a Academia de Ciências de Paris instituiu o prêmio Alhumbert, uma tentativa de lançar luz sobre a chamada geração espontânea, por métodos experimentais.

Dois anos depois, o químico francês **Louis Pasteur** (1822-1895) elaborou uma engenhosa experiência: aquecia os gargalos de alguns frascos, tornando-os maleáveis, e os curvava (frascos de “pescoço de cisne”); outros permaneciam com o gargalo curto e reto. Em seguida, fervia o caldo nutritivo no interior desses frascos. Nos de pescoço reto, havia rápida turvação do líquido nutritivo; nos de “pescoço de cisne”, mesmo depois de semanas, o líquido permanecia claro e sem microrganismos.

Como os frascos ficavam abertos, não se podia falar da impossibilidade da entrada do ar. Com a curvatura do gargalo, os microrganismos do ar ficavam retidos na superfície interna úmida e não alcançavam o caldo nutritivo. Quando Pasteur partia o longo pescoço de um frasco, depois de poucos dias o caldo se turvava, como nos frascos mantidos com o gargalo reto (**figura 4**). Com o sucesso do experimento, Pasteur foi agraciado com o prêmio da Academia de Ciências.

Na metade do século XIX, Pasteur já havia demonstrado que o ar constituía uma fonte de microrganismos e que eles eram os causadores das infecções. São famosos seus estudos sobre a contaminação e a conservação dos alimentos e a importância dos métodos de esterilização. Pasteur foi um dos cientistas que mais contribuíram para o desenvolvimento da moderna microbiologia. Os trabalhos de Pasteur e os do *chef* francês François Appert permitiram o desenvolvimento da indústria de alimentos em conserva e da pasteurização.

Questione com os alunos o motivo de o caldo nutritivo não ter se contaminado por microrganismos do ar. Qual teria sido o papel do gargalo na manutenção da esterilidade do caldo nutritivo? Auxilie-os a constatar que, para os microrganismos alcançarem o caldo, teriam que atravessar um “filtro” representado pelo gargalo longo e sinuoso, com gotículas de água aderidas às paredes.

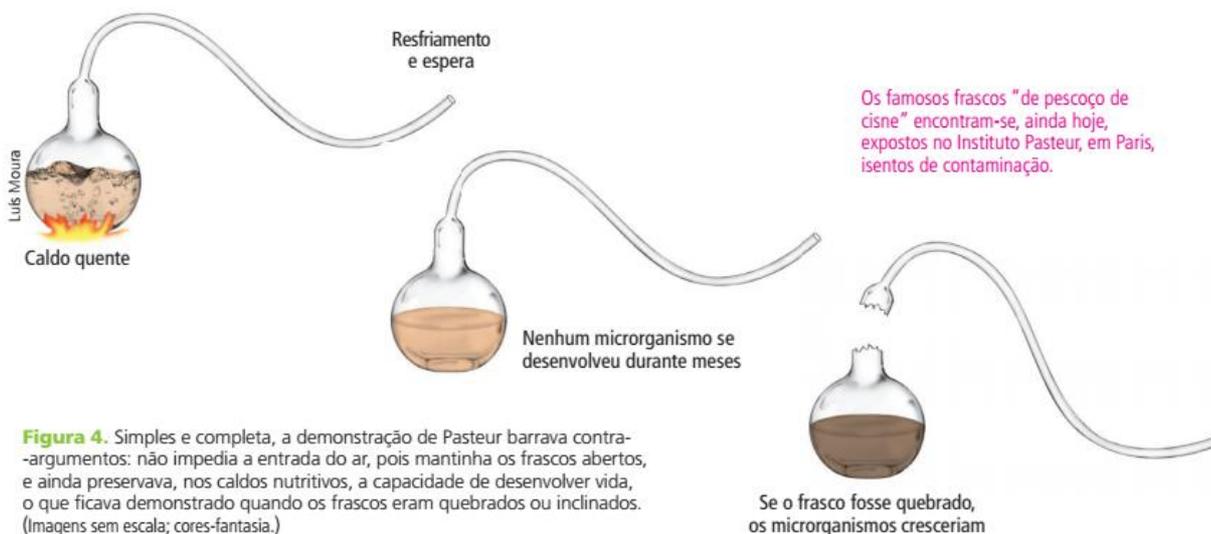


Figura 4. Simples e completa, a demonstração de Pasteur barrava contra-argumentos: não impedia a entrada do ar, pois mantinha os frascos abertos, e ainda preservava, nos caldos nutritivos, a capacidade de desenvolver vida, o que ficava demonstrado quando os frascos eram quebrados ou inclinados. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Ideias revolucionárias

Após os experimentos de Pasteur, poucos pesquisadores continuaram a defender a geração espontânea. Por isso, costuma-se indicar os trabalhos do cientista francês como a **linha demarcatória** a partir da qual prevaleceu a hipótese da **biogênese** (geração da vida com origem em vida preexistente). Segundo Oparin, “as experiências de Pasteur mostraram que a geração espontânea de micróbios em infusões orgânicas não acontecia. Organismos vivos devem suas origens a outras coisas vivas”. Como, então, surgiram os primeiros seres vivos? Como se originou a vida na Terra?

Não de forma súbita, mas resultado de uma lenta e gradual transformação, substâncias simples podem ter interagido, dando origem às unidades básicas de formação dos seres vivos. De acordo com os modelos atualmente mais aceitos, seres vivos primitivos sintetizavam seu próprio alimento, uma vez que não dispunham de muita matéria orgânica no ambiente. A fonte de energia seriam reações químicas entre substâncias inorgânicas, configurando um processo de **quimiossíntese**. Organismos heterotróficos fermentadores, autotróficos fotossintetizantes e aeróbios (autótrofos e heterótrofos) teriam surgido posteriormente.

Os defensores dessa hipótese apoiam-se na existência de bactérias atuais que sintetizam nutrientes orgânicos em condições semelhantes, com a energia liberada em reações químicas. Tais bactérias habitam fontes hidrotermais submarinas que liberam substâncias sulfurosas e mantêm uma diversificada comunidade. A reação entre o sulfeto de ferro (FeS) e o gás sulfídrico (H₂S) produz dissulfeto de ferro (FeS₂) e gás hidrogênio (H₂), liberando energia.

► Um olhar para o espaço

A partir do final do século XIX, com a prevalência da biogênese sobre a geração espontânea, a ideia de que a vida poderia ter origem extraterrestre tomou certo corpo; entre seus proponentes estavam o químico sueco Svante Arrhenius e o físico inglês William Thomson (lorde Kelvin).

Segundo a hipótese da **panspermia**, os primeiros seres vivos teriam chegado à Terra em fragmentos de corpos celestes, como meteoritos e cometas; aqui chegando, teriam originado as formas de vida existentes. Tal hipótese não resolve a questão central sobre o surgimento da vida, apenas muda o problema de lugar: se a vida surgiu fora da Terra, como isso poderia ter acontecido?

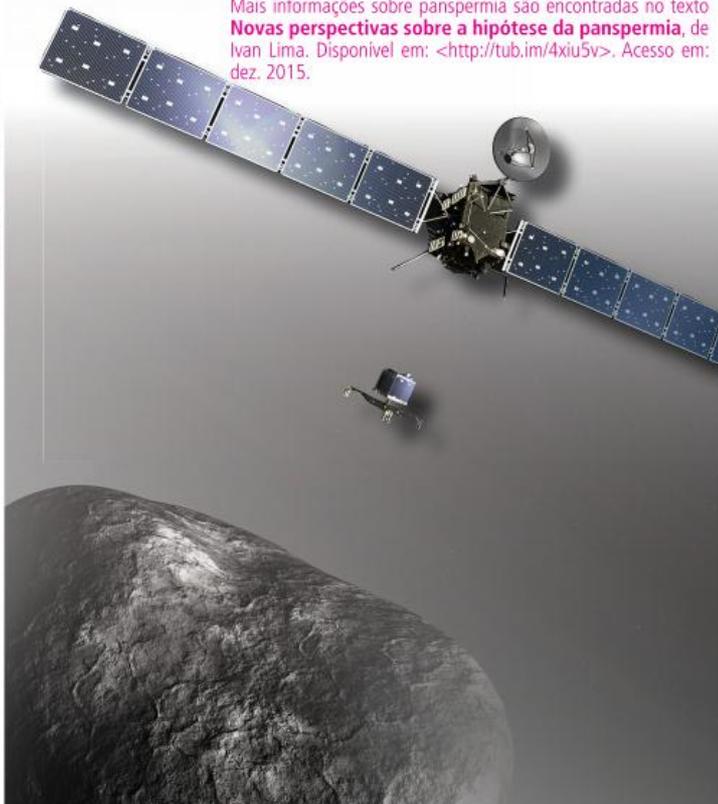
Moléculas orgânicas já foram encontradas em corpos celestes, como em um meteorito que caiu na Austrália, em 1969, no qual foram detectados aminoácidos e bases nitrogenadas. Em 1996, a Agência Espacial Norte-Americana (Nasa) divulgou análises de um meteorito provavelmente originário de Marte, encontrado na Antártida, no qual teriam sido achados vestígios de bactérias, reacendendo a polêmica sobre a panspermia.

Mais informações sobre panspermia são encontradas no texto **Novas perspectivas sobre a hipótese da panspermia**, de Ivan Lima. Disponível em: <<http://tub.im/4xiu5v>>. Acesso em: dez. 2015.

Essas investigações colocam-se como motivo para o lançamento de naves espaciais não tripuladas a Marte. Algumas das missões da Nasa têm o objetivo de pesquisar a existência de vestígios de vida microscópica no chamado Planeta Vermelho, em regiões onde, aparentemente, já houve água. Isso confirmaria a origem dos supostos “microfósseis” encontrados no meteorito marciano, cuja idade foi estimada em cerca de 3,5 bilhões de anos — aproximadamente a mesma idade dos primeiros seres vivos na Terra.

Outra linha de pesquisa investiga a possibilidade de **substâncias orgânicas** terem alcançado a Terra e participado da formação de uma “sopa primordial” nos oceanos primitivos, da qual teriam emergido os primeiros seres vivos. Em 1999, a Nasa lançou uma nave não tripulada — a Stardust (“poeira estelar”) — com a missão de capturar partículas ejetadas pelo cometa Wild-2, do qual passou a curta distância, no início de 2004. Entre as amostras coletadas pela nave, encontrou-se o aminoácido glicina, reforçando a hipótese de que os cometas semeariam a vida em sua trajetória no espaço.

Figura 5. Concepção artística da sonda espacial Rosetta e do robô Philae. A sonda, da agência Espacial Europeia, foi lançada no dia 2 de maio de 2004 com missão de pousar e estudar o cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, que, acredita-se, carrega materiais provenientes da origem do Sistema Solar.



Philae encontra gelo, poeira e moléculas orgânicas em cometa

Robô enviou dados coletados nas últimas horas de duração da bateria

Nos últimos momentos de vida útil de sua bateria, o robô Philae conseguiu enviar para a Terra dados sobre o cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko coletados por seus instrumentos. Os primeiros resultados da análise desse material inédito revelaram que o módulo encontrou moléculas orgânicas no 67P, além de uma superfície composta por gelo e poeira.

De acordo com o Centro Aeroespacial Alemão (DLR), responsável pela operação do Philae, um instrumento chamado Cosac, desenhado para “chei-

rar” a atmosfera do cometa, detectou as moléculas orgânicas. A identificação das moléculas, no entanto, ainda está em análise, informou o DLR. [...]

O dispositivo martelou a superfície do 67P, mas não conseguiu ir além de alguns milímetros, mesmo com a potência máxima do motor ativada. “Nós acreditamos que o robô encontrou uma superfície dura, comparável a gelo sólido”, [...].

Ao observar os resultados do mapeamento térmico, os pesquisadores chegaram à conclusão preliminar de que as

camadas superiores do cometa têm 10 a 20 centímetros de espessura de poeira, cobrindo gelo ou uma mistura de poeira e gelo. Eles sugerem ainda que, a uma grande profundidade, o gelo se torna mais poroso, uma vez que instrumentos da Rosetta identificaram uma densidade mais baixa do núcleo. [...]

Enquanto os dados coletados pelo Philae são analisados pelos cientistas, a sonda Rosetta continua sua jornada, acompanhando o cometa em sua aproximação com o Sol, em agosto do ano que vem.

Philae encontra gelo, poeira e moléculas orgânicas em cometa. **Veja.com**. São Paulo, 18 nov. 2014. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/philae-encontra-gelo-poeira-e-moleculas-organicas-em-cometa>>. Acesso em: dez. 2015.

Atividade

Escreva no caderno

Depois de ler a notícia, julgue (V ou F) as afirmativas:

- I. A sonda Philae chegou ao cometa 67P em 2004.
- II. A superfície do cometa 67P é formada por uma mistura de poeira, gelo e moléculas orgânicas.
- III. Aparentemente, o interior do cometa 67P contém gelo poroso.
- IV. A sonda Philae permaneceu estacionada na superfície do cometa 67P, enquanto a nave Rosetta continuou sua jornada, acompanhando o cometa na órbita ao redor do Sol. **F, F, V, V.**

Síntese abiótica

A série **Cosmos**, apresentada pelo astrofísico Neil deGrasse Tyson, trata de questões sobre origem e evolução da vida. Com linguagem clara, pode ser usada em sala de aula, permitindo ilustrar o que tem sido discutido neste capítulo.

No início da década de 1920, o bioquímico britânico **John B. S. Haldane** (1892-1924) afirmou que a atmosfera terrestre primitiva não continha gás oxigênio e que as condições da Terra, bilhões de anos atrás, teriam permitido que moléculas orgânicas surgissem de moléculas inorgânicas. Levadas pela água, converteriam os oceanos primitivos em “um caldo quente e diluído”, rico em compostos orgânicos.

Em 1924, **Aleksandr Oparin** afirmou que os seres vivos se originaram espontaneamente nos oceanos primitivos, em uma lenta e gradual transformação de compostos orgânicos que puderam se associar e formar sistemas progressivamente mais complexos, que se alimentavam do material orgânico encontrado nos oceanos (que ele chamava de **sopa pré-biótica** ou sopa primordial).

► Terra primitiva, um laboratório

As circunstâncias em que a vida teria surgido eram bem distintas das atuais. A Terra tem aproximadamente 4,6 bilhões de anos e, com o gradativo resfriamento, formou-se a crosta terrestre.

Embora esse assunto seja motivo de muita polêmica, alguns pesquisadores defendem que os constituintes da **atmosfera pré-biótica** — isto é, anterior ao aparecimento das primeiras formas de vida — eram metano (CH₄), hidrogênio (H₂), amônia (NH₃) e vapor de água (H₂O), o qual, aquecido, subia às camadas mais altas, resfriava-se e caía em forma de chuva. Violentas tempestades resultavam em forte **atividade elétrica**.

Atualmente muitos cientistas descartam a existência, na atmosfera primitiva, de grandes quantidades de hidrogênio, metano e amônia; entretanto — e nisso concordam os pesquisadores —, uma característica relevante era a **escassez de gás**

oxigênio (O₂). Acredita-se que também já havia certas quantidades de CO₂ e de nitrogênio gasoso (N₂).

Os vapores dos vulcões atuais contêm monóxido de carbono (CO), gás carbônico (CO₂), nitrogênio (N₂) e vapor de água. É provável que, em razão da intensa atividade vulcânica da época, esses gases já existissem na atmosfera primitiva. Deveria haver quantidades mínimas de gás oxigênio (O₂) como resultado de reações entre os outros gases, na presença de radiação ultravioleta.

O ciclo da água (evaporação → condensação → chuva → evaporação) teria acontecido com intensidade muito maior que a de hoje. Com o esfriamento gradual da crosta, a água teria começado a se acumular, reunindo-se com a que aflorava do interior da Terra e a presente na camada de gelo do núcleo de cometas que despenavam sobre o planeta, originando os oceanos. O planeta também era duramente atingido por uma grande quantidade de meteoros, e os impactos provocavam a evaporação desses primitivos oceanos.

Além das **elevadas temperaturas** e das descargas elétricas, a superfície terrestre era bombardeada por **radiações**. Não havia, como há hoje, a proteção — constituída principalmente pela camada de ozônio (O₃) — contra a entrada de radiação ultravioleta. Nessa atmosfera turbulenta, havia grande quantidade de **energia** (calor, radiação e eletricidade) e átomos de quatro **elementos químicos** principais: hidrogênio (H), oxigênio (O), carbono (C) e nitrogênio (N).

Substâncias orgânicas contêm pelo menos carbono (C) e hidrogênio (H). Acreditava-se que estas só fossem produzidas por seres vivos, até que, em 1828, o químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882) anunciou a síntese artificial da ureia, cuja fórmula é (NH₂)₂CO.

No início do século XX, os bioquímicos começaram a relacionar as características do provável ambiente primitivo ao surgimento de substâncias orgânicas e dos primeiros organismos vivos.

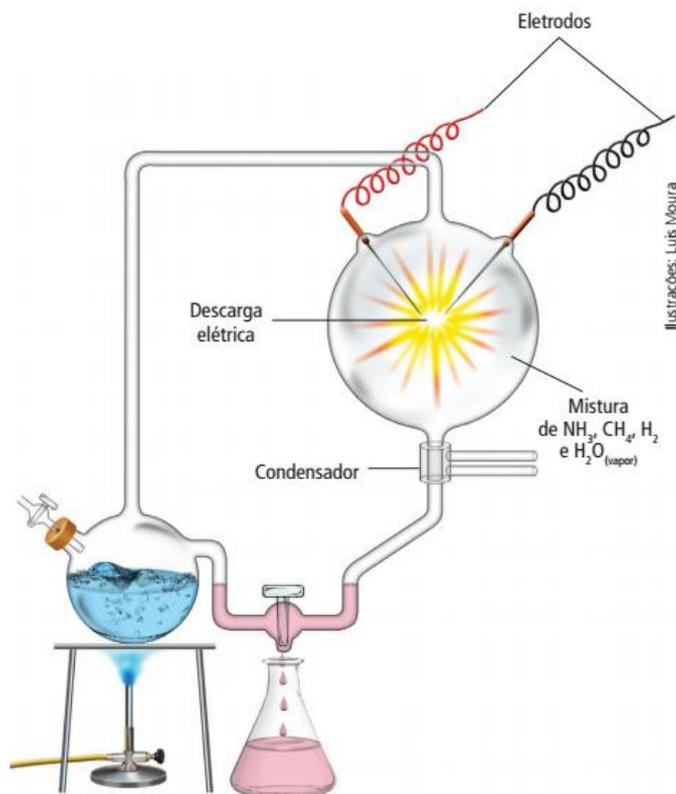
► Gênese de compostos orgânicos

Em 1952, o químico americano **Harold Urey** (1893-1981, prêmio Nobel em Química em 1934) publicou um trabalho no qual aprofundava as ideias de Haldane e Oparin. Segundo Urey, a atmosfera primitiva seria rica em hidrogênio (H), fazendo com que nitrogênio (N), carbono (C) e oxigênio (O) existissem nas formas de amônia (NH_3), metano (CH_4), gás hidrogênio (H_2) e vapor de água (H_2O).

Em 1953, **Stanley Miller** (1930-2007), aluno de Urey, criou um aparelho que simulava possíveis condições da atmosfera primitiva, dentro do qual colocou amônia, metano e hidrogênio. A mistura de gases recebia continuamente descargas elétricas semelhantes a raios e circulava devido à permanente ebulição da água, que originava vapor de água em uma das partes do aparelho. Após uma semana, com o vapor de água continuamente condensado e depositado, Miller observou que, na fase gasosa, apareceram o gás carbônico (CO_2) e o monóxido de carbono (CO). O líquido coletado, antes incolor, adquiriu coloração rosada e continha substâncias orgânicas, como aldeídos e aminoácidos — principalmente glicina e alanina, os mais simples e abundantes encontrados nas proteínas (**figura 6**).

Aquecendo misturas de aminoácidos, o bioquímico norte-americano **Sidney Fox** (1912-1998) obteve polipeptídeos que, em contato com a água, formavam complexos moleculares chamados por ele de **microsféricas**. Oparin havia suspeitado de que processo semelhante pudesse ter ocorrido nos oceanos primitivos e deu aos complexos moleculares o nome de **coacervatos**.

Muitos pesquisadores, entre eles, o próprio Stanley Miller, acreditam que, embora a Terra primitiva tivesse grandes oceanos, também apresentava lagos, lagoas e praias. Argumentam que as condições para a formação de substâncias orgânicas talvez fossem melhores nas lagoas e praias, porque nesses locais as substâncias químicas estariam menos diluídas que nos oceanos.



Ilustrações: Luís Moura

Figura 6. Experimento de Urey-Miller. O aparelho simulava as prováveis condições da Terra primitiva, com um “oceano aquecido” e a provável atmosfera da época. Como outros pesquisadores mostraram em métodos semelhantes, lipídios, carboidratos e nucleotídeos podiam ser produzidos. Experimentos recentes, com misturas gasosas de CO , CO_2 , N_2 , vapor de água e pequenas quantidades de O_2 , têm obtido outros tipos de moléculas orgânicas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Processos bióticos

Nas coleções hídricas primitivas, moléculas orgânicas podem ter se agrupado em gotículas nas quais se esboçava uma organização simples. Moléculas de lipídios podem ter formado **camadas bimoleculares** (**figura 7**) que delimitavam conjuntos de moléculas, impedindo que os agregados se perdessem no meio. O surgimento das **membranas** teria dado **identidade** aos complexos moleculares. As enzimas aumentavam a velocidade

de reações químicas nos agregados, que passaram a exibir características bem distintas do meio externo.

Os agregados competiam entre si por material. Alguns, com uma composição química ou arranjo interno mais favorável, conseguiam adquirir moléculas com mais facilidade, destacando-se como tipos predominantes.

Chame a atenção dos alunos para a disposição das moléculas de fosfolipídios, que voltam as extremidades hidrofílicas para a superfície da membrana e afastam dela as caudas hidrofóbicas.

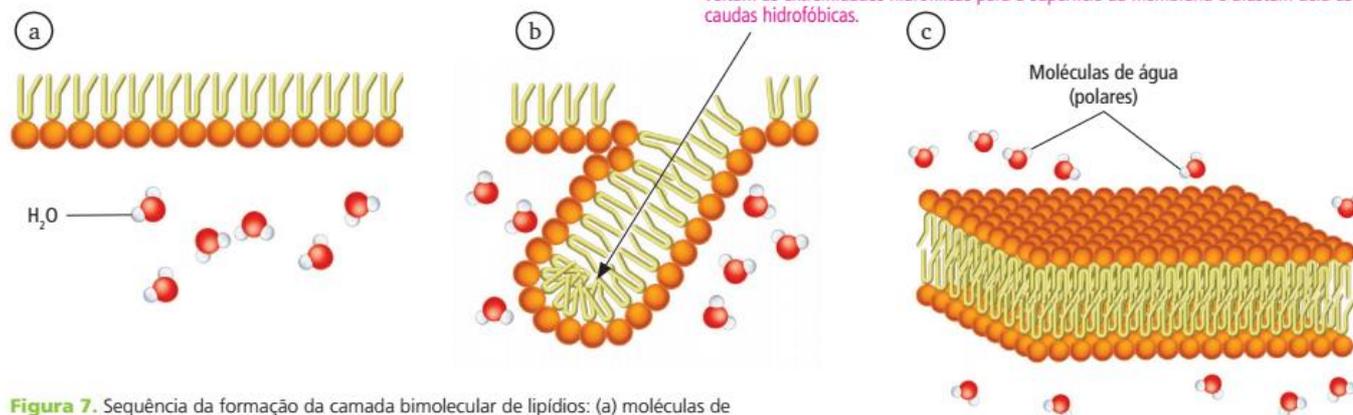


Figura 7. Sequência da formação da camada bimolecular de lipídios: (a) moléculas de fosfolipídios voltam a cabeça polar para a água, afastando dela a cauda apolar; (b) a introdução de uma lâmina dobra a camada de fosfolipídios, aproximando as caudas; (c) forma-se a camada bimolecular. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

De acordo com um dos modelos propostos para o desenvolvimento das membranas, as estruturas membranosas internas devem ter surgido por dobras do envoltório externo (**figura 8a**). Assim teriam aparecido o envoltório nuclear, o retículo endoplasmático e o complexo golgiense.

Segundo a **teoria endossimbiótica**, defendida pela bióloga norte-americana Lynn Margulis (1938-2011) e outros pesquisadores, as células eucarióticas surgiram por associação entre células procarióticas grandes e outras pequenas, que passaram a viver em seu interior (**figura 8b**). Os cloroplastos seriam procariontes fotossintetizantes, que invadiram células maiores (ou foram englobados por elas). Fato semelhante teria acontecido com bactérias aeróbias, que vieram a constituir as mitocôndrias das células atuais. A associação mostrou-se benéfica tanto para as células "invasoras" como para as hospedeiras.

Várias características de mitocôndrias e cloroplastos sustentam essa teoria:

- Em ambos há **membranas duplas**.
- Têm seu próprio **DNA**, em filamentos semelhantes aos cromossomos bacterianos.
- **Sintetizam proteínas** em seu interior e possuem **ribossomos** pequenos, semelhantes aos ribossomos de procariontes.
- Reproduzem-se por **divisão binária**, como os procariontes.
- O DNA de cloroplastos codifica a produção de algumas enzimas — até mesmo frações da RNA-polimerase — idênticas às enzimas de bactérias atuais.

Centenas de milhões de anos devem ter separado a fase dos agrupamentos moleculares do surgimento das primeiras células. Os mais antigos fósseis de células procarióticas — já relativamente complexas — datam de 3,5 bilhões de anos; fósseis das primeiras células eucarióticas têm aproximadamente 2,1 bilhões de anos; os mais antigos registros de organismos pluricelulares estão em rochas de 1,2 bilhão de anos.

Com James Lovelock, Lynn Margulis defendeu uma ideia polêmica conhecida como hipótese Gaia, segundo a qual a biosfera, em interação com o ambiente físico-químico, teria mecanismos homeostáticos capazes de manter certa estabilidade de temperatura e de composição química atmosféricas, à semelhança do que faz um ser vivo.

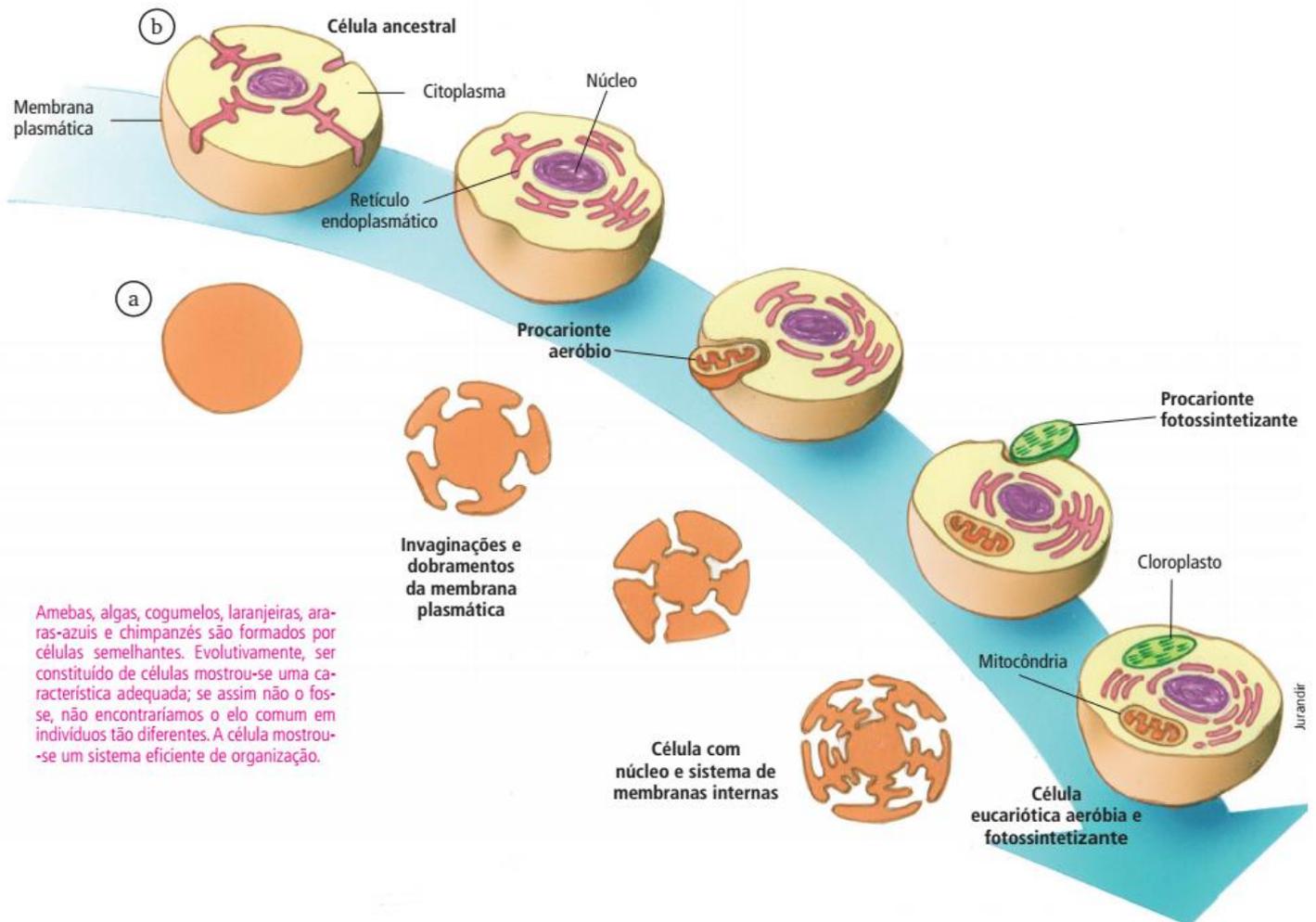


Figura 8. (a) Aparecimento de sistemas internos de membranas por dobramentos sucessivos do envoltório externo. (b) Modelo endossimbiótico para o desenvolvimento de células eucarióticas: englobamento de procariontes aeróbios, de procariontes fotossintetizantes e surgimento do modelo de célula atual. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

► O surgimento do material genético

A síntese do DNA requer enzimas, que são proteínas; a síntese das proteínas ocorre com base em informações codificadas pelo DNA. Essas informações levantam um questionamento: o que surgiu primeiro?

Alguns cientistas defendem a ideia de que o RNA (ou alguma molécula semelhante a ele) tenha sido o primeiro material genético. Como o RNA pode se replicar e, também, determinar a produção de proteínas, talvez aí esteja o provável início de um processo de **interação intermolecular** (figura 9).

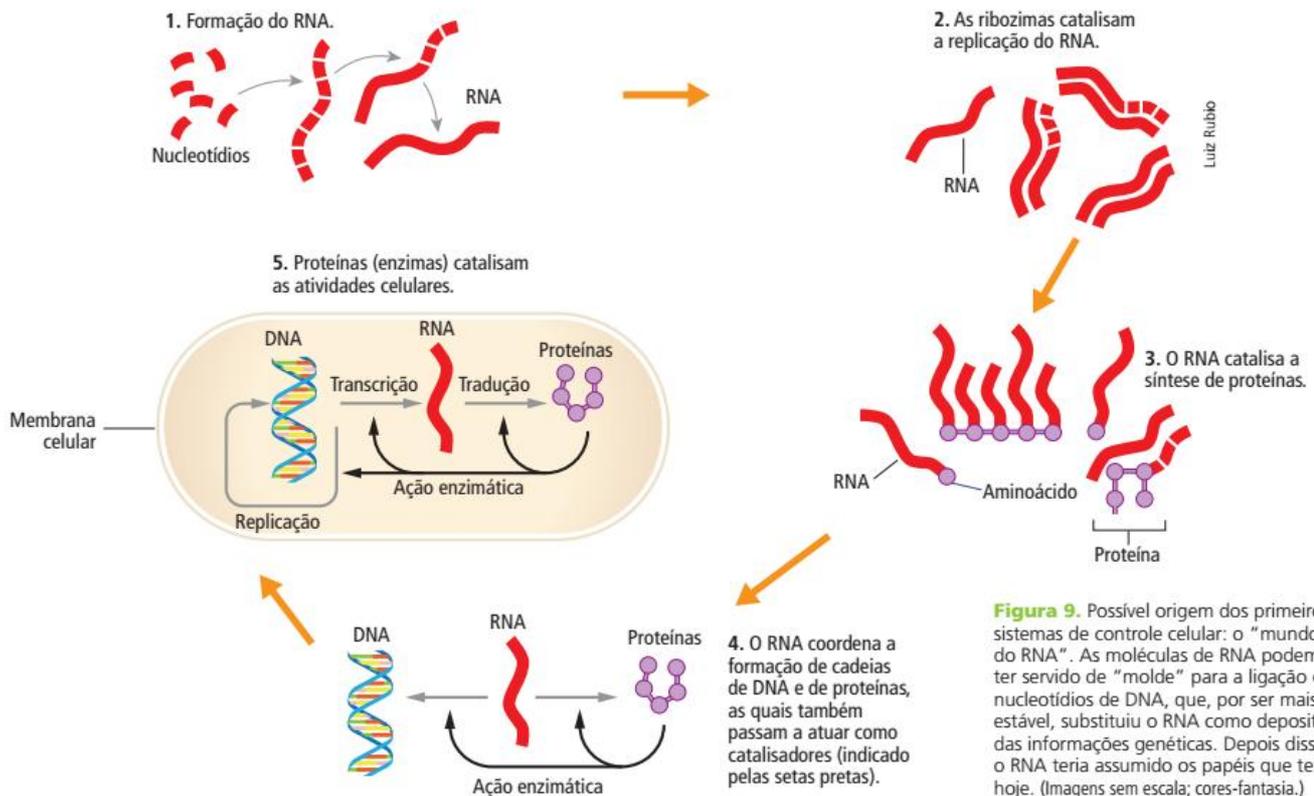


Figura 9. Possível origem dos primeiros sistemas de controle celular: o “mundo do RNA”. As moléculas de RNA podem ter servido de “molde” para a ligação de nucleotídeos de DNA, que, por ser mais estável, substituiu o RNA como depositário das informações genéticas. Depois disso, o RNA teria assumido os papéis que tem hoje. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

No início da década de 1990, a observação de que certos tipos de RNA — chamados **ribozimas** — podiam aumentar a velocidade de reações químicas contrariou a ideia de que somente proteínas teriam ação catalítica.

Entre as proteínas cuja produção é determinada pelo RNA, algumas podiam ter tido ação catalítica (enzimas), entre as quais algumas podem ter auxiliado na replicação do RNA, como primitivas RNA-polimerases. Após o surgimento dos sistemas de membranas, a presença dessas enzimas teria passado a beneficiar apenas moléculas circunscritas no interior dos envoltórios membranosos.

► A vida requer energia

Na ausência de O_2 , característica da atmosfera da época, a utilização de moléculas orgânicas devia ocorrer por **fermentação** ou por algum processo semelhante a ela. Como utilizavam alimentos na ausência de O_2 , os primeiros seres vivos eram **fermentadores**. A fermentação libera CO_2 , e, com o tempo, mutações permitiram que alguns indivíduos utilizassem o CO_2 e a luz solar na fotossíntese. Esses primeiros organismos fotossintetizantes, que não usavam O_2 , eram **fotossintetizantes fermentadores**.

Desprezado pela fotossíntese, o O_2 passou a ser liberado em larga escala para a atmosfera, onde sua concentração aumentava. Posteriormente, surgiram os **seres aeróbios**, tanto **fotossintetizantes** como **heterotróficos**. A respiração aeróbia representou um aumento de quase 20 vezes na quantidade de energia colocada à disposição dos seres vivos.

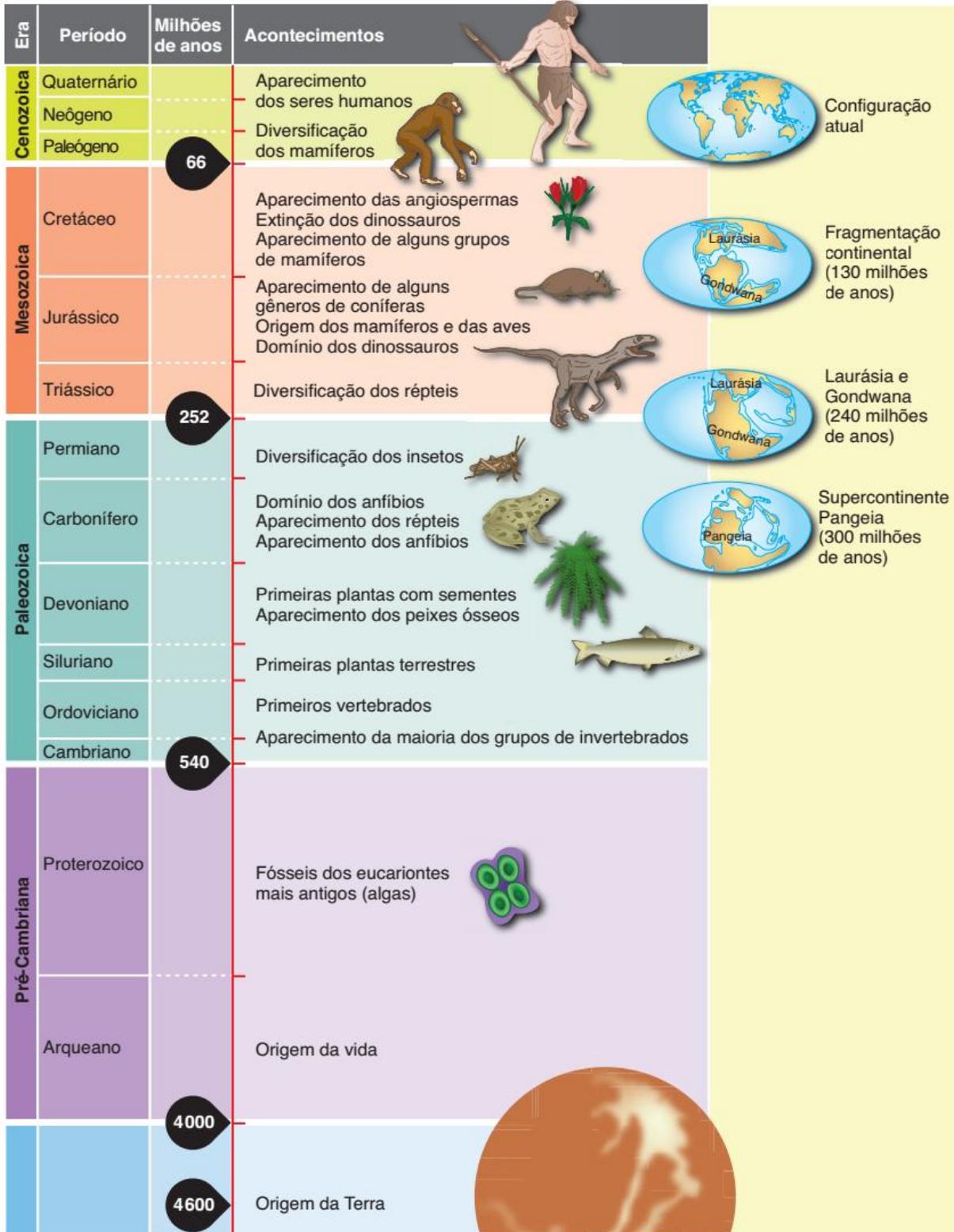
Como a maioria dos eucariontes requer O_2 , eles devem ter evoluído depois que os procariontes fotossintetizantes (semelhantes às atuais cianobactérias) apareceram, enriquecendo a atmosfera com o O_2 .

A Terra primitiva era atingida por grande quantidade de radiação ultravioleta, intolerável para os seres vivos. Como a água dificulta a passagem dessa radiação, quanto mais afastado da superfície dos oceanos um organismo estivesse, menor seria sua exposição. Assim, a vida primitiva desenvolvia-se submersa.

Com o acúmulo do O_2 , formou-se nas partes superiores da atmosfera a **camada de ozônio** (O_3), que impedia a penetração da maior parte da radiação ultravioleta, permitindo aos seres vivos emergir e conquistar a terra firme, o ar e a superfície dos oceanos. O O_2 deu a eficiência energética e a proteção que viabilizaram a evolução dos organismos primitivos.

É interessante notar que tanto o aparecimento do CO₂ como o do O₂ na atmosfera — fatos que permitiram o desenvolvimento da fotossíntese e da respiração aeróbia — foram consequência de mudanças ambientais determinadas pelos próprios seres vivos. George Wald, Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina, afirmava que a história da Terra tornou inevitável o surgimento da vida. A vida na Terra é o que é porque resulta de uma soma de fatores que a fizeram assim.

Uma breve cronologia da Terra



Alex Argozino

Figura 10. Escala do tempo e alguns eventos da história da vida na Terra. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

1. No século XVII, o médico e químico belga Jean-Baptiste van Helmont apresentava receitas para produção de ratos: “Colocam-se, num canto sossegado e pouco iluminado, camisas sujas. Sobre elas espalham-se grãos de trigo, e o resultado será que, em 21 dias, surgirão ratos”.

- Indique a qual hipótese pertence essa proposição e por que ela é falha.
- Em que se diferenciam as hipóteses da abiogênese e as da biogênese?

2. (PUC-MG) O bioquímico russo Oparin, em seu livro **A origem da vida**, admitiu que a vida sobre a Terra surgiu há mais ou menos 3,5 bilhões de anos. Responda aos itens a seguir:

- Cite dois gases que se acredita terem existido na atmosfera primitiva.
- A que condições deveriam estar submetidos os gases da atmosfera primitiva?
- Que compostos químicos teriam se originado dos gases iniciais?
- Atualmente sabemos que seres autótrofos constituem fonte básica de alimento. No entanto, admite-se que os primeiros organismos tenham sido heterótrofos. Como os heterótrofos teriam conseguido alimentos na Terra primitiva?
- Qual o mecanismo utilizado pelos primeiros organismos para a obtenção de energia?

3. Leia o texto a seguir:

Novas provas reforçam teoria de vida em Marte

Meteorito que veio do planeta contém cristais como os criados por uma bactéria terrestre

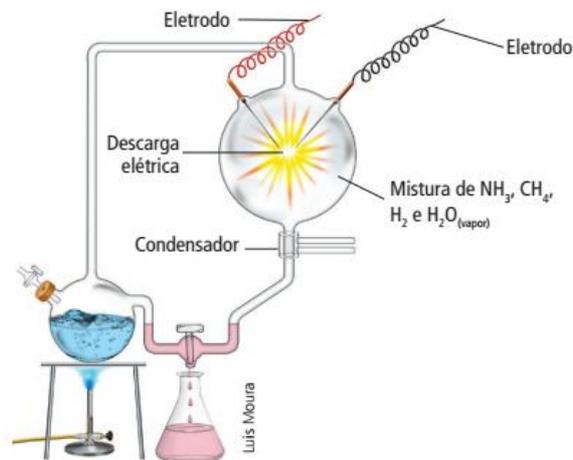
Duas equipes de cientistas anunciaram ter descoberto as mais fortes evidências de que houve vida em Marte. O material encontra-se no meteorito ALH84001 [...]. O principal indício de que teria existido vida em Marte é a presença de magnetita, pequenos cristais magnéticos, na rocha. De acordo com pesquisadores, a pureza, forma, tamanho e orientação espacial desses cristais sugerem que eles foram criados por um tipo especial de bactéria, que usa a magnetita como uma espécie de bússola. O trabalho é assinado pela microscopista Katie Thomas-Keptra [...] que estudou o meteorito. [...] Segundo a pesquisa [...], o formato dos cristais é idêntico ao dos criados na Terra pela bactéria MV-1, que vive na água, pode viver sem oxigênio e obter sua energia a partir do dióxido de carbono. [...]

MCFARLING, U. L. Novas provas reforçam teoria de vida em Marte. O Estado de S. Paulo, 28 fev. 2001.

Essa notícia refere-se a uma suposta explicação para a origem da vida na Terra. Descreva-a sucintamente.

4. Experimentos realizados por Miller e Urey, em 1953 (representados no esquema a seguir), simulavam supostas condições da Terra primitiva: temperaturas elevadas, atmosfera fortemente redutora e composta pelos gases metano (CH_4), amônia (NH_3), hidrogênio (H_2) e vapor de água (H_2O), intensas descargas elétricas e radiações eletromagnéticas.

- Que hipótese foi testada por Miller e Urey com o uso deste experimento?
- Exemplifique produtos obtidos por eles e que confirmaram essa hipótese.
- Qual é a posterior origem do gás oxigênio na atmosfera da Terra?



5. Algumas modificações que ocorreram nas condições ambientais da Terra primitiva foram causadas pela atividade dos seres vivos. Ao considerarmos que estes seres vivos eram fermentadores:

- Que gás foi introduzido, pela fermentação, na atmosfera primitiva, promovendo grandes alterações nas condições ambientais?
- Quais as consequências da atividade dos organismos fotossintetizantes fermentadores?

6. Na década de 1950, Miller e Urey demonstraram ser possível obterem-se, em laboratório, aminoácidos a partir de amônia, hidrogênio e vapor de água expostos a descargas elétricas. Mostre graficamente, em função do tempo de experimento, a variação nas concentrações de amônia e de aminoácidos. Justifique a sua resposta.

7. Segundo a proposta da pesquisadora Lynn Margulis (teoria endossimbiótica), as mitocôndrias, antes de serem organelas citoplasmáticas, eram organismos procariontes aeróbios de vida livre. Ao longo da evolução, esses organismos foram englobados por células anaeróbias, permanecendo no citoplasma e passando a replicar-se aí, em sincronia com as células hospedeiras. Essa associação teria criado células mais eficientes, capazes de gerar mais moléculas de ATP por moléculas de glicose.

- Cite três argumentos que fundamentam essa hipótese.
- De acordo com essa teoria, qual foi a principal pressão seletiva para que as células “adotassem” as mitocôndrias?

8. Leia o texto a seguir.

De onde vieram as primeiras membranas? Em especulações sobre a origem da vida, a ênfase tem sido dada às proteínas e aos ácidos nucleicos. Existe pouco interesse na origem dos lipídios. Na verdade, a produção de moléculas de lipídio pode ter tido um papel crucial na origem da vida, porque elas, em meio aquoso, tendem a se agregar em lâminas contínuas. As membranas primitivas isolaram as várias macromoléculas e ofereceram uma superfície onde elas se ancoraram e se organizaram em sistemas integrados.

ROBERTSON, D. **The living cell**. San Francisco: Freeman and Co, 1966. (Tradução nossa.)

Discuta a importância do surgimento das primeiras membranas nas hipóteses que visam explicar a origem e a evolução das células.

Por que na Terra?

O astrônomo norte-americano Carl Sagan definiu a Terra como um “paraíso flutuando no espaço”. De todos os planetas do Sistema Solar, a Terra apresenta as condições mais adequadas para dar suporte à vida, pelo menos como a conhecemos.

A principal característica de nosso planeta é não estar nem tão perto nem tão afastado do Sol. As reações químicas das quais a vida depende requerem água líquida e virtualmente são interrompidas em temperaturas excessivamente baixas.

Por outro lado, em temperaturas muito elevadas, a água existe apenas no estado de vapor, e as complexas substâncias orgânicas encontradas nos seres vivos tornam-se instáveis e podem romper-se. A vida certamente não poderia se desenvolver em Mercúrio ou em Vênus, cujas temperaturas superam 430 °C e 480 °C, respectivamente.

As dimensões e a massa da Terra também são fatores importantes. Planetas menores que o nosso não têm energia gravitacional suficiente para manter uma atmosfera protetora; os muito maiores têm atmosfera tão densa que a luz não é capaz de atingir a superfície.

Todos os planetas do nosso Sistema Solar possuem uma camada de gás circundante, chamada atmosfera, que pode ser mais ou menos espessa. A atmosfera terrestre bloqueia a maior parte da radiação fortemente energética vinda do Sol, que seria capaz de romper as ligações químicas que mantêm as moléculas orgânicas. Entretanto, permite a passagem da luz visível, que torna possível a fotossíntese, um dos mais importantes processos na evolução e na manutenção da vida.



Planeta Terra.

Comparação entre a concentração de gases e a temperatura média nas atmosferas dos planetas Terra, Vênus e Marte

	Terra	Vênus	Marte
Concentração de gás carbônico	0,038%	96%	95%
Concentração de gás oxigênio	21,95%	0%	0,13%
Concentração de gás nitrogênio	78,08%	4%	2,7%
Temperatura média	15 °C	464 °C	-63 °C

Fonte: NASA. Disponível em: <www.nasa.gov/sites/default/files/files/YOSS_Act_4.pdf>. Acesso em: dez. 2015.

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

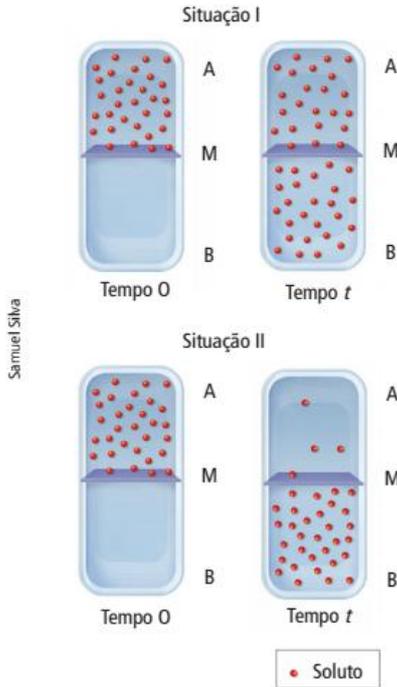
Escreva
no caderno

1. Estabeleça relação entre a temperatura média da Terra e o desenvolvimento da vida.
2. Uma das restrições ao surgimento da vida em Vênus associa-se às elevadas temperaturas, decorrentes menos da proximidade do Sol e mais do efeito estufa acentuado, causado pela atmosfera rica em CO₂. Na Terra, elevações da concentração desse gás têm sido acompanhadas de aumento da taxa de fotossíntese, que “sequestra” carbono e incorpora-o em substâncias orgânicas. Que consequências a ação antropogênica pode trazer para o clima de nosso planeta?



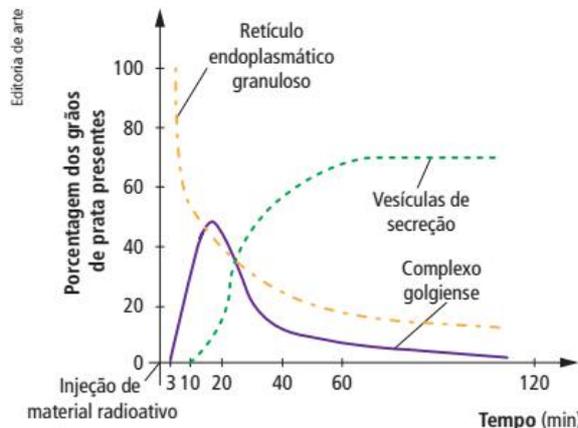
Planeta Vênus.

1. Dois compartimentos – A e B – contêm solução fisiológica e estão separados, um do outro, por uma membrana biológica M. Nas duas situações, acrescentou-se ao compartimento A solutos que são transportados através da membrana. Após o tempo t, verificou-se nova distribuição de solutos, como mostram as figuras:



Qual das duas situações representa um mecanismo de transporte ativo? Justifique a resposta.

2. Material histológico obtido de pâncreas de coelho foi tratado por cinco minutos em um meio de cultura contendo o aminoácido leucina marcado radioativamente. A determinados intervalos de tempo, o material foi submetido à técnica de radioautografia, que revela a localização intracelular do material emissor de radioatividade. A análise dessa localização permitiu a elaboração do gráfico seguinte.



Pela interpretação do gráfico, descreva o trajeto percorrido pela leucina no interior das células do pâncreas e explique por que o aminoácido segue essa rota.

3. (Enem/MEC) Osmose é um processo espontâneo que ocorre em todos os organismos vivos e é essencial à manutenção da vida. Uma solução 0,15 mol/L de NaCl (cloreto de sódio) possui a mesma pressão osmótica das soluções presentes nas células humanas. A imersão de uma célula humana em uma solução 0,20 mol/L de NaCl tem, como consequência,
- absorção de íons Na^+ sobre a superfície da célula.
 - difusão rápida de íons Na^+ para o interior da célula.
 - diminuição da concentração das soluções presentes na célula.
 - transferência de íons Na^+ da célula para a solução.
 - transferência de moléculas de água do interior da célula para a solução.
4. No citosol das células eucarióticas, existe um citoesqueleto, constituído por microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários. A respeito do citoesqueleto, podemos afirmar que:
- é o responsável pela manutenção da forma, pela ancoragem dos organelos e pela mobilidade celular.
 - é o responsável pela degradação de materiais existentes na própria célula.
 - está envolvido nos processos de síntese e degradação de proteínas e eliminação de resíduos celulares.
 - está envolvido no processo de divisão celular como constituinte do material genético.
 - não ocorre em células vegetais.
5. (UFRJ) “Está chovendo DNA lá fora; estão chovendo instruções lá fora; estão chovendo programas para a formação de novas árvores!”

Essa é uma citação de Richard Dawkins que descreve — poética e realisticamente — a liberação de milhares de sementes de uma árvore. A primeira frase refere-se ao fato de as sementes, que contêm DNA, espalharem-se como a chuva. Relacione as duas últimas frases com as propriedades e funções do DNA.

6. (Enem/MEC) Leia o texto a seguir.

Nos dias de hoje, podemos dizer que praticamente todos os seres humanos já ouviram em algum momento falar sobre o DNA e seu papel na hereditariedade da maioria dos organismos. Porém, foi apenas em 1952, um ano antes da descrição do modelo do DNA em dupla-hélice por Watson e Crick, que foi confirmado sem sombra de dúvidas que o DNA é material genético. No artigo em que Watson e Crick descreveram a molécula de DNA, eles sugeriram um modelo de como essa molécula deveria se replicar. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. **Introdução à genética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

Considerando-se a estrutura da molécula de DNA e a posição das ligações de hidrogênio nela, os experimentos realizados por Meselson e Stahl a respeito da replicação dessa molécula levaram à conclusão de que:

- a) a replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita-filha dupla é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.
 - b) a replicação de DNA é dispersiva, isto é, as fitas-filhas contêm DNA recém-sintetizado e parental em cada uma das fitas.
 - Ⓒ a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas-filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.
 - d) a replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas-filhas consistem de moléculas de DNA parental.
 - e) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas-filhas consistem de uma fita-molde e uma fita codificadora.
7. Em organismos pluricelulares com vários tecidos, como os seres humanos, todas as células possuem o mesmo genoma.
- a) O fígado humano sintetiza proteínas que não são sintetizadas em outros órgãos. A albumina, por exemplo, é sintetizada pelo fígado, mas não pelos rins ou pelo cérebro. Pode-se afirmar que as células dos rins ou do cérebro não possuem o gene que determina a produção da albumina? Justifique a resposta.
 - b) É possível afirmar que os RNAs mensageiros dos diferentes tecidos são todos idênticos? Justifique a resposta.
8. Uma conhecida rota metabólica produz o aminoácido arginina, conforme a sequência de reações a seguir:



Em laboratório, irradiadas com raio X, três linhagens de bactérias sofreram mutações nos genes envolvidos nessa rota metabólica. Para descobrir quais enzimas da rota foram afetadas, as três linhagens foram cultivadas em meios suplementados com ornitina, citrulina e arginina, obtendo-se o seguinte resultado.

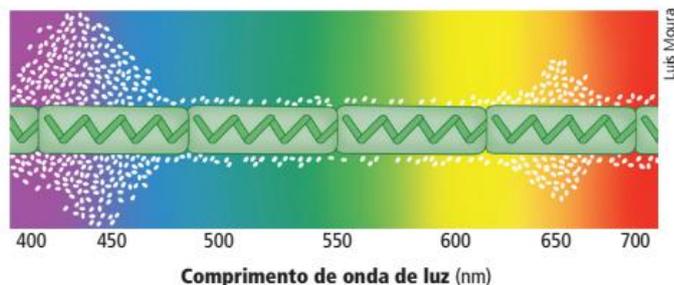
Meios de cultivo	Linhagens		
	I	II	III
Com ornitina	Crescimento	Ausência de crescimento	Ausência de crescimento
Com citrulina	Crescimento	Crescimento	Ausência de crescimento
Com arginina	Crescimento	Crescimento	Crescimento

Que alteração na rota metabólica deve ter ocorrido nas bactérias de cada uma das linhagens? Justifique a resposta.

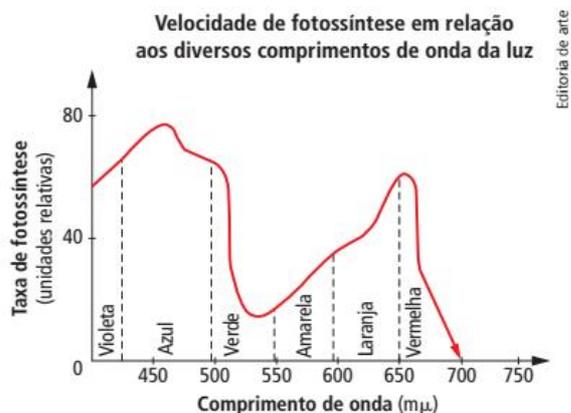
9. (Enem/MEC) A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO_2), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberan-

do CO_2 para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética. As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que:

- a) o CO_2 e a água são moléculas de alto teor energético.
 - b) os carboidratos convertem energia solar em energia química.
 - Ⓒ a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.
 - d) o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.
 - e) a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO_2 atmosférico.
10. A figura seguinte representa o experimento realizado por Thomas Engelmann no final do século XIX. Filamentos de alga do gênero *Spirogyra* foram iluminados pela luz que atravessava um prisma, de tal modo que cada trecho da alga era alcançado por luz de diferentes comprimentos de onda. Engelmann verificou que a concentração de bactérias aeróbias heterótrofas ao redor do trecho exposto à luz vermelha era maior que a concentração ao redor do trecho exposto à luz verde.

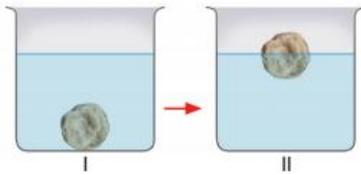


A partir da análise dos dados experimentais apresentados, pode ser elaborado o seguinte gráfico:



- a) Explique a distribuição diferenciada das bactérias em torno da alga filamentosa.
- b) Que substância é a fonte do gás liberado na fotossíntese pela alga?

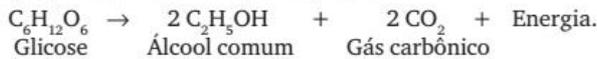
11. (Enem/MEC) No processo de fabricação de pão, os padeiros, após prepararem a massa utilizando fermento biológico, separam uma porção de massa em forma de “bola” e a mergulham num recipiente com água, aguardando que ela suba, como pode ser observado, respectivamente, em I e II do esquema abaixo. Quando isso acontece, a massa está pronta para ir ao forno.



Luís Moura

Um professor de Química explicaria esse procedimento da seguinte maneira:

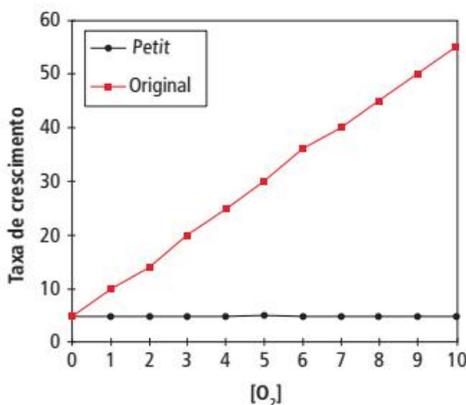
A bola de massa torna-se menos densa que o líquido e sobe. A alteração da densidade deve-se à fermentação, processo que pode ser resumido pela equação:



Considere as afirmações abaixo.

- I. A fermentação dos carboidratos da massa de pão ocorre de maneira espontânea e não depende da existência de qualquer organismo vivo.
 - II. Durante a fermentação, ocorre produção de gás carbônico, que se vai acumulando em cavidades no interior da massa, o que faz a bola subir.
 - III. A fermentação transforma a glicose em álcool. Como o álcool tem maior densidade do que a água, a bola de massa sobe.
- Dentre as afirmativas, apenas:
- a) I está correta.
 - b) II está correta.
 - c) I e II estão corretas.
 - d) II e III estão corretas.
 - e) III está correta.

12. (UFRJ) Em uma espécie de levedura (fungo) utilizada na produção de cerveja, foi identificada uma linhagem mutante, denominada *petit* (do francês “pequeno”). A linhagem *petit* não apresentava atividade mitocondrial. O gráfico relaciona as taxas de crescimento das linhagens original e *petit* à concentração de oxigênio (O_2) no meio de cultura. Ambos os eixos utilizam unidades arbitrárias.



Editoria de arte

Explique as causas das diferenças entre as taxas de crescimento das duas linhagens.

13. Observe o esquema a seguir:



Studio Caparroz

Por meio dessa experiência, Redi demonstrou que as larvas na carne podre se desenvolviam de ovos de moscas, e não da própria carne.

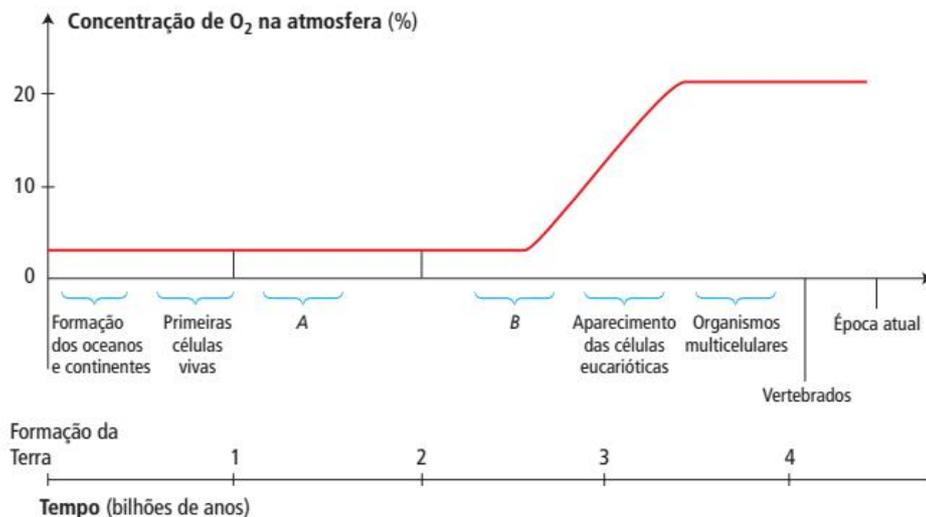
- a) Tais resultados fortaleceram qual hipótese sobre a origem da vida? Por quê?
 - b) Para a análise correta dos resultados, qual foi a importância de manter alguns frascos abertos e outros cobertos com gaze?
14. (Unicamp-SP) A hipótese mais aceita para explicar a origem da vida na Terra propõe que os primeiros seres vivos eram heterótrofos.
- a) Que condições teriam permitido que um heterótrofo sobrevivesse na Terra primitiva?
 - b) Que condições ambientais teriam favorecido o aparecimento posterior dos autótrofos?
 - c) Além das condições ambientais, qual o outro argumento para não se aceitar que o primeiro ser vivo tenha sido autótrofo?
15. (Enem/MEC) Nas discussões sobre a existência de vida fora da Terra, Marte tem sido um forte candidato a hospedar vida. No entanto, há ainda uma enorme variação de critérios e considerações sobre a habitabilidade de Marte, especialmente no que diz respeito à existência ou não de água líquida. Alguns dados comparativos entre a Terra e Marte estão apresentados na tabela.

	Planeta	
	Terra	Marte
Distância do Sol (km)	149 milhões	228 milhões
Massa (em relação à terrestre)	1	0,18
Aceleração da gravidade (m/s^2)	9,8	3,7
Composição da atmosfera	Gases predominantes: Nitrogênio (N_2) e Oxigênio (O_2)	Gás predominante: Dióxido de carbono (CO_2)
Temperatura média	288 (+15 °C)	218 (-55 °C)

Com base nesses dados, é possível afirmar que, dentre os fatores abaixo, aquele mais adverso à existência de água líquida em Marte é sua:

- a) grande distância ao Sol.
- b) massa pequena.
- c) aceleração da gravidade pequena.
- d) atmosfera rica em CO_2 .
- e) temperatura média muito baixa.

16. O gráfico mostra a sequência cronológica de alguns eventos ocorridos na Terra, desde sua formação.



Entre os períodos A e B, a concentração de íons ferro (Fe^{2+}) livres no mar diminuiu gradativamente, em razão da formação de óxidos de ferro insolúveis. Nesse gráfico, foram omitidos proposadamente os acontecimentos dos períodos A e B. Um deles é a exuberante proliferação de organismos aeróbios, e o outro é o aparecimento dos primeiros organismos fotossintetizadores.

- Qual é a sequência cronológica correta desses acontecimentos? Justifique sua resposta.
- Que organoide celular foi imprescindível para o aparecimento dos eucariontes aeróbios? E para os eucariontes fotossintetizantes?

TEXTO & CONTEXTO

Escreva no caderno

1. Analise o infográfico publicado pelo jornal O Estado de S. Paulo (6 jun. 2010) e responda:

Estudo brasileiro reforça hipótese de que vida na Terra veio do espaço

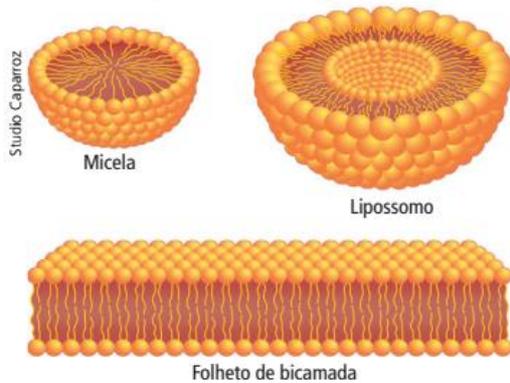
Pesquisa mostra como bactérias poderiam resistir com facilidade a uma viagem interplanetária, agarradas a micrometeoritos



- Em linhas gerais, o que afirma a hipótese da panspermia cósmica?
- Em que circunstância os microrganismos poderiam ter sobrevivido às condições hostis da travessia do espaço?
- Que condições encontradas na Terra permitiriam que as bactérias viajantes espaciais voltassem a se reproduzir?

2. O artigo **Lipids on the frontier: a century of cell-membrane bilayers**, de Michael Edidin, traz uma revisão (em inglês) sobre lipídios e membranas celulares. Disponível em: <<http://tub.im/vp42m8>>. Acesso em: jan. 2016.

2. Quando uma solução de fosfolipídios é dispersa em água, suas moléculas podem arranjar-se espacialmente em três maneiras diversas, mostradas a seguir:



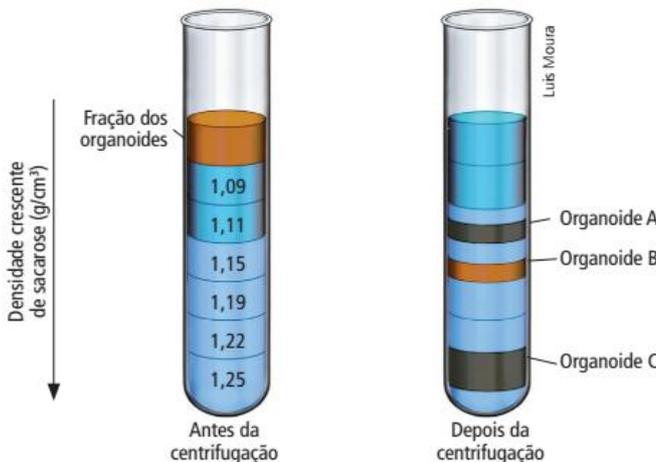
Considerando que as moléculas de fosfolipídios possuem um polo polar (hidrofílico) e um polo apolar (hidrofóbico), desenhe em seu caderno uma dessas moléculas (de acordo com a simbologia utilizada na ilustração acima), indicando o polo polar e o polo apolar. Justifique sua resposta a partir de informações contidas na ilustração.

3. Ao se homogeneizarem células em laboratório, os diversos componentes celulares podem ser separados por ultracentrifugação em solução de sacarose, que segrega os componentes de acordo com a densidade: quanto mais densos, mais próximos eles ficam do fundo do tubo.

As densidades de três organelos citoplasmáticos separados estão indicadas na tabela:

Organelo	Densidade (g/cm ³)
Lisossomo	1,12
Mitocôndria	1,18
Peroxisomo	1,23

Com a ultracentrifugação, um pesquisador obteve o seguinte fracionamento.

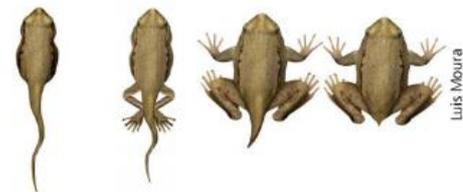
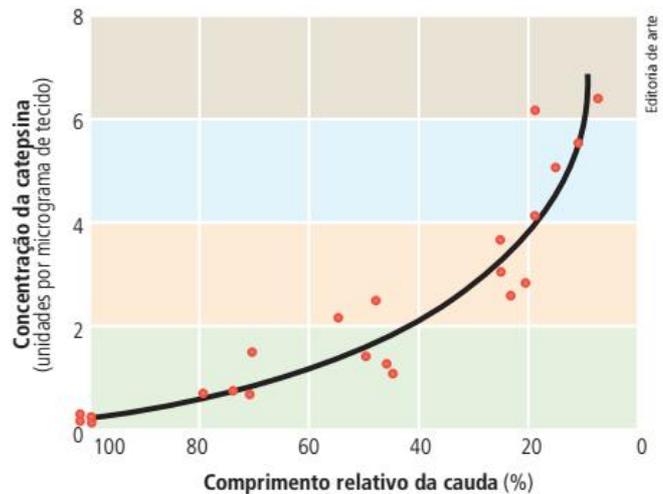


Fonte dos dados: ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

Quais devem ser, respectivamente, os organelos A, B e C? Justifique sua resposta.

5. O artigo original de Frederick Griffith (em inglês), **The significance of pneumococcal types**, encontra-se em <<http://tub.im/dda8nn>>. O artigo clássico de Avery, MacLeod e McCarty, **Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types**, desvendando a natureza da transformação do pneumococo não patogênico em patogênico, está em <<http://tub.im/6wgys6>>. Acessos em: jan. 2016.

4. Durante a metamorfose de anfíbios da espécie *Xenopus laevis*, da África do Sul, nota-se que a concentração da enzima catepsina nos tecidos da cauda varia conforme o gráfico a seguir:

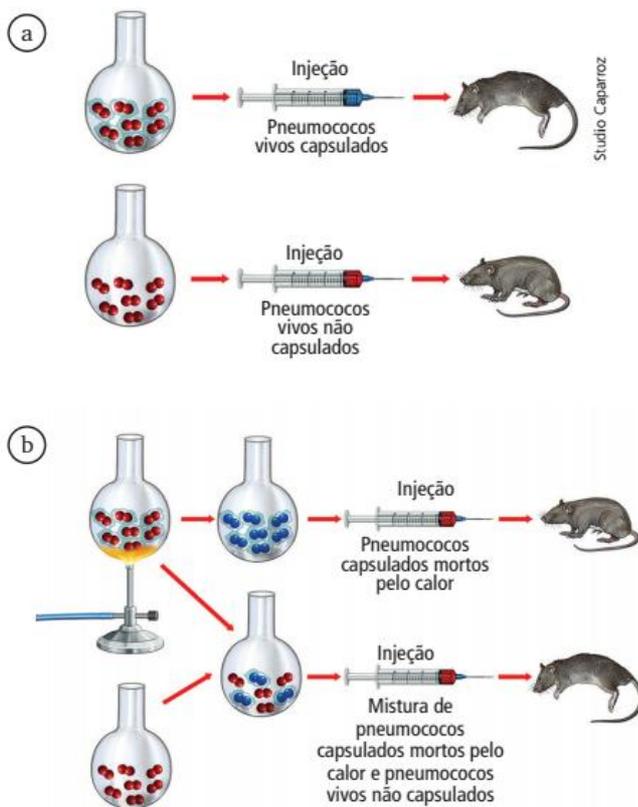


Fonte: FRASCINO, A. C. S. et al. (Trad.). *A célula viva*. São Paulo: Edusp e Polígono, 1969.

Baseando-se exclusivamente nessas informações, julgue (V ou F) as afirmativas a seguir e anote as respostas em seu caderno:

- I. A catepsina está contida nas mitocôndrias das células da cauda.
- II. A concentração de catepsina varia inversamente ao comprimento relativo da cauda.
- III. Em anfíbios adultos, o comprimento relativo da cauda alcança seu valor máximo.
- IV. Em anfíbios adultos, a concentração de catepsina alcança seu valor máximo. **F, V, F, V.**

5. Em 1928, o médico militar britânico Frederick Griffith tentava obter uma vacina contra a pneumonia causada pelo pneumococo. Essa bactéria pode ser encontrada em duas formas: uma sem cápsula e não patogênica, outra patogênica (capaz de produzir doença), que possui, além de membrana plasmática e parede celular, uma cápsula externa. A presença da cápsula é uma característica hereditária, e essas bactérias geram outras iguais a elas. Em experiência com camundongos, Griffith observou que, matando bactérias capsuladas pelo calor, elas perdiam a capacidade de causar doença; no entanto, a injeção de uma mistura de bactérias capsuladas mortas pelo calor com bactérias vivas não capsuladas provocava a morte dos camundongos.



Em (a), resultado do experimento que inoculou em um grupo de ratos pneumococos capsulados e em outro pneumococos não capsulados. Em (b), resultado da inoculação de pneumococos capsulados mortos, e da inoculação destes misturados aos pneumococos não capsulados vivos.

A partir da análise do experimento de Griffith e dos resultados obtidos, julgue (V ou F) as afirmativas a seguir:

- I. Pneumococos vivos capsulados provocam doenças e morte.
- II. Pneumococos vivos não capsulados não provocam doença.
- III. Pneumococos capsulados mortos pelo calor não causam doença.
- IV. Quando pneumococos capsulados mortos pelo calor são misturados com pneumococos vivos não capsulados, o material provoca a morte dos camundongos. **V, V, V, V.**

6. Leia o trecho a seguir.

A estrutura do DNA, a molécula longa e fina de hélice dupla que contém informação genética e dirige a síntese de proteínas, é a descoberta mais famosa obtida a partir da percepção de Pauling. É mais do que concebível que o próprio Pauling pudesse ter descoberto a estrutura do DNA, se não fosse a interferência do governo dos Estados Unidos. Na Califórnia, Pauling não tinha acesso às fotografias de difração de raios X de alta qualidade, feitas por Maurice Wilkins [e Rosalind Franklin], no King's College [em Londres], mas planejava vê-las durante uma reunião na Inglaterra, em 1952. Entretanto, devido aos pontos de vista políticos liberais de Pauling, o Departamento de Estado decidiu não renovar seu passaporte. Como consequência, Pauling ficou nos Estados Unidos e escreveu um artigo em 1953, que descrevia o modelo helicoidal triplíce para a molécula do DNA — que estava

A história da descoberta da estrutura do DNA, narrada por um de seus protagonistas (James Watson), está no livro **A dupla hélice** (Rio de Janeiro: Zahar, 2014).

errado. Dois meses mais tarde, a explicação correta sobre a estrutura foi publicada por James Watson e Francis Crick.

SIMMONS, J. Linus Pauling & A Química do século XX. In: **Os 100 maiores cientistas da História**. Rio de Janeiro: Difel, 2002.

a) Justifique a afirmativa: “[...] o próprio Pauling pudesse ter descoberto a estrutura do DNA, se não fosse a interferência do governo dos Estados Unidos”.

b) De acordo com o texto, explique por que o modelo proposto por Pauling para a estrutura do DNA estava errado.

- 7.** Alguns exemplares de uma mesma espécie de planta foram submetidos à iluminação de mesma intensidade, mas de cores diferentes. Mesmo com todos os demais parâmetros ambientais mantidos iguais para todas as plantas (temperatura, fornecimento de água, condições do substrato dos vasos etc.), o desenvolvimento não foi homogêneo, como ilustra o esquema a seguir.



O que podemos concluir pela análise do experimento? Anote em seu caderno.

- 8.** Um pesquisador pretendia avaliar o efeito da luz sobre a fotossíntese. Para isso, realizou este experimento: diversas plantas de uma mesma espécie, mantidas em um ambiente com temperatura constante, foram submetidas a diferentes intensidades luminosas; depois de certo tempo, ele mediu a massa de carboidratos produzida e armazenada pelas plantas. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Intensidade luminosa	Carboidrato armazenado
10	3
13	5
15	7
18	8
20	9
25	10
30	10
34	10

No seu caderno, desenhe um gráfico que mostre a relação entre a intensidade luminosa e o armazenamento de carboidrato.

Núcleo celular

Organização e ação

O texto de abertura do capítulo permite um interessante debate envolvendo Biologia, Geografia e Filosofia, podendo envolver assuntos como os períodos geológicos, as mudanças climáticas que a Terra experimentou e os limites éticos da Ciência diante de novas técnicas de manipulação genética.

A realidade antecipou-se à ficção

Jurassic World, o mundo dos dinossauros foi lançado nos cinemas em 2015. A trama acontece na fictícia ilha Nublar (América Central), onde funciona o parque temático Mundo dos Dinossauros, que ano após ano vem perdendo movimento, pois o público já não demonstra tanto interesse pelas atrações – dinossauros trazidos à vida em laboratório, por métodos de manipulação do material genético. Diante da perda de faturamento, empresários e cientistas lançam-se em uma jornada ainda mais ambiciosa.

No primeiro filme da série (**O parque dos dinossauros**, de 1993), para reviver os grandes répteis do período Cretáceo, um cientista lançou mão de um artifício engenhoso. Insetos hematófagos eram extraídos de fragmentos de âmbar (resina fossilizada). No tubo digestório desses pernilongos ancestrais, o cientista obtinha quantidades diminutas de sangue de dinossauros que foram picados há mais de 100 milhões de anos. Neste sangue, foram purificadas amostras de DNA ainda conservadas. Foi a partir desse material genético que a “mágica” aconteceu.

Na edição de 2015, a manipulação genética vai além. Além de clonados, os dinossauros obtidos são geneticamente modificados e recebem uma mistura de DNA de espécies diferentes, o que resulta em formas híbridas. Mais uma vez, algo sai errado, lançando os protagonistas do filme em uma sucessão de enrascadas e aventuras.

Da ficção à realidade, duas décadas antes em Easter Bush (Escócia), uma ovelha da raça *scottish blackface* pariu Dolly, da raça *finn dorset*. Talvez passasse incógnita, não fosse ela o primeiro mamífero clonado a partir do núcleo retirado de uma célula somática adulta, obtida da glândula mamária de uma ovelha de 6 anos de idade, também da raça *finn dorset*.

A divulgação do fato ocorreu meses depois, em fevereiro de 1997. Como seria de se esperar, a notícia ganhou o mundo e desencadeou uma das maiores polêmicas da história da Ciência. Biotecnologia e clonagem saíam das universidades e ganhavam as páginas dos jornais e os noticiários da TV em horário nobre. A mídia, o mundo político, as igrejas e o público em geral tomavam posição, criticando ou apoiando o trabalho dos embriologistas Ian Wilmut (1944-) e Keith Campbell (1954-2012), pesquisadores do Instituto Roslin.

O sucesso dos cientistas veio depois de quase 300 tentativas malsucedidas. Dolly transformava-se em uma das mais brilhantes “estrelas” da Biologia e na mais conhecida ovelha da história da humanidade. Essa cópia quase perfeita da fêmea doadora do núcleo demonstrava que uma célula madura poderia se desdiferenciar e originar um novo indivíduo.

No mundo da ficção, a Ciência recria um cenário do período Cretáceo, povoado por dinossauros criados em laboratório. Assim imaginou o escritor norte-americano Michael Crichton (1942-2008), autor do livro **Jurassic Park**, lançado em 1990 (quatro anos antes do nascimento de Dolly) e que serviu de base para os filmes da série **O parque dos dinossauros**.

Como diversas vezes acontece, a ficção científica se aproxima da realidade! Só que, neste caso, a Ciência não devolveu a vida aos dinossauros. A aventura foi mais prosaica, mas não menos instigante. E, uma vez que o assunto são filmes, podemos retroceder no tempo para resgatar outros momentos em que o cinema tocou a Biotecnologia. Para ficarmos em dois exemplos clássicos: **Os meninos do Brasil** (de 1978, dirigido por Franklin Schaffner, baseado no livro do escritor norte-americano Ira Levin) e **Blade Runner — O caçador de androides** (de 1982, dirigido por Ridley Scott).

Boa diversão!

Os meninos do Brasil, 1978: o médico Joseph Mengele, que fez diversas experiências genéticas com judeus, vive no Paraguai e planeja a criação do 4º Reich. Para alcançar esse objetivo, utiliza mulheres como barriga de aluguel em uma clínica brasileira para fazer 94 clones de Hitler e enviá-los para serem adotados em diversos países. É o primeiro filme a abordar a clonagem humana.

Blade Runner — O caçador de androides, 1982: mostra uma civilização humana que desenvolve robôs que são tão inteligentes e mais fortes que os seres humanos. Os replicantes, como são chamados, são utilizados como escravos para a colonização de outros planetas até que um grupo deles organiza uma rebelião e eles passam a ser proibidos e caçados na Terra.



Filme de Colin Trevorrow, Jurassic World, 2015, EUA.
Fotografia de Universal Pictures/ep Archive/Glow Images

Cena do filme **Jurassic World, o mundo dos dinossauros**, do diretor norte-americano Colin Trevorrow (2015). Em 1993, a realidade das técnicas de manipulação celular – diferentes da abordada no filme – já assombrava mais.

Ciclo de vida das células

O tempo de vida de uma célula pode ser medido em minutos (como certas bactérias durante períodos de reprodução rápida), horas, dias, anos ou décadas.

As células podem se dividir por **mitose**, responsável pelo desenvolvimento, pelo crescimento e pela regeneração dos indivíduos, ou por **meiose**, que, dependendo do tipo de organismo, participa da formação de **células reprodutivas**.

Durante a divisão celular, os genes permanecem parcialmente inativos, e todo o trabalho da célula está relacionado com a produção das novas células (chamadas **células-filhas**). A divisão celular não ocupa todo o tempo de vida da célula. Durante a maior parte da existência, a célula permanece em **interfase**, período em que não está se dividindo e em que aumenta de tamanho, sintetiza substâncias, degrada outras e se prepara para a divisão.

De alguma forma, todos os componentes celulares são afetados pela divisão; porém, em nenhum deles as alterações são tão marcantes quanto as que acontecem no **núcleo**.

Na maioria das células, o núcleo é **único, esférico** e tem posição **central**; entretanto, existem variações.

As células do **floema** (sistema de vasos condutores de seiva em algumas plantas) não possuem núcleo, e por elas passa a seiva rica em matéria orgânica produzida nas folhas. Nos animais também existem células anucleadas, como os **glóbulos vermelhos** dos mamíferos (**figura 1a**). Quando os glóbulos vermelhos são formados, eles têm núcleos. No entanto, durante sua maturação, o núcleo é expulso da célula, e todo o interior passa a ser ocupado pela hemoglobina, substância transportadora do oxigênio.

Células musculares estriadas têm dezenas de núcleos alongados, que ocupam a periferia da célula, junto da membrana plasmática (**figura 1b**). Já certos **glóbulos brancos** do sangue possuem núcleo único, mas segmentado (**figura 1c**).

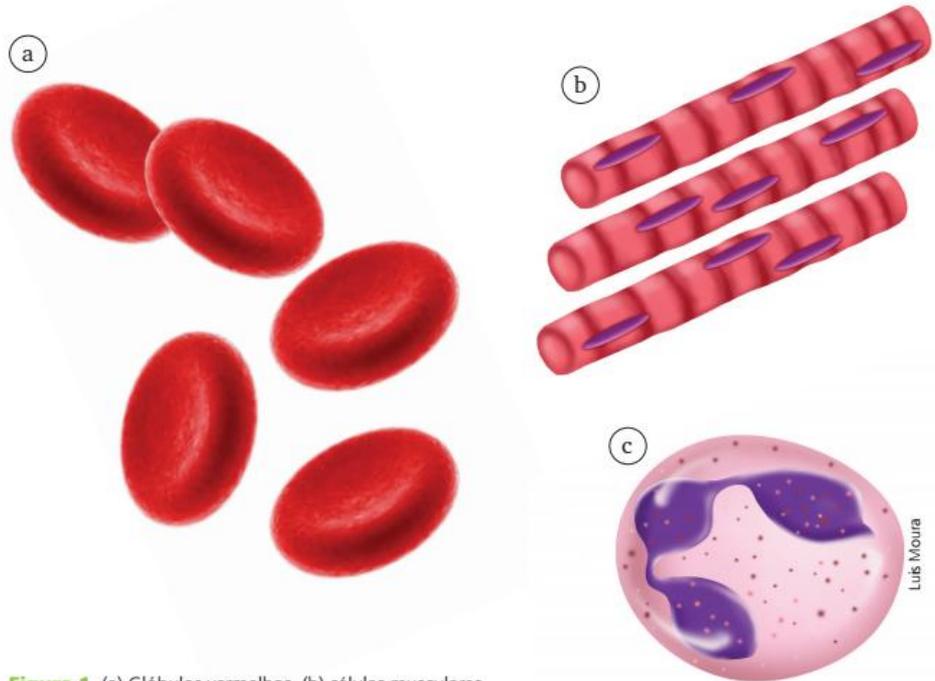


Figura 1. (a) Glóbulos vermelhos, (b) células musculares estriadas e (c) glóbulo branco. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Funções do núcleo celular

O núcleo contém a maior parte do DNA da célula e tem papel importante na determinação e na manutenção da arquitetura e das atividades da célula e do organismo inteiro. As instruções contidas no núcleo informam se a célula poderá fazer fotossíntese, hidrolisar a lactose ou sintetizar determinado aminoácido.

Embora tenham material genético, **células procarióticas** (como as de bactérias e cianobactérias) não possuem núcleo individualizado. Apenas as **células eucarióticas** (como as de fungos, plantas e animais, entre outros) possuem o núcleo como um organoide bem delimitado, revestido pelo **envoltório nuclear** (ou carioteca).

A existência do núcleo foi demonstrada em 1831 pelo pesquisador escocês Robert Brown (1773-1858), observando células vegetais; porém, o papel do núcleo só começou a se tornar claro meio século depois.

Joachim Hammerling (1901-1980) e outros pesquisadores estudaram a importância do núcleo. Hammerling realizou interessantes experimentos com **acetabulárias**, algas unicelulares comuns em águas costeiras (**figura 2**). Com alguns centímetros de comprimento, elas são constituídas por um pé, um talo e um chapéu. Cortando-se essas partes e separando-as, o chapéu e o talo logo morrem, mas o pé sobrevive e reconstitui a célula.

O pé — porção capaz de regenerar e de manter a identidade da alga — é onde está o núcleo, com as informações genéticas que determinam a produção de substâncias necessárias à vida da célula. Esse experimento demonstra a importância do núcleo como controlador do metabolismo da célula e fator determinante de sua estrutura.

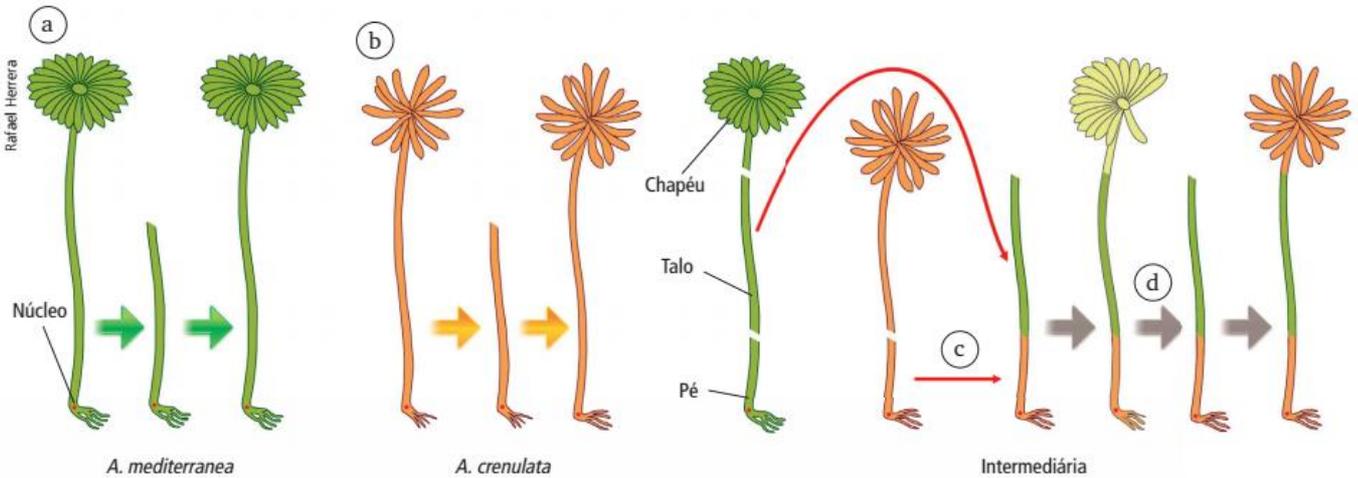


Figura 2. (a) Uma espécie de acetabulária (*Acetabularia mediterranea*) tem chapéu com borda lisa; (b) a outra (*A. crenulata*) tem chapéu com borda serrilhada. Em ambas, se o chapéu for removido, forma-se novo chapéu semelhante ao retirado. (c) Quando um talo da primeira é enxertado no pé da segunda, o chapéu regenerado é um misto das duas espécies. (d) No entanto, se esse chapéu for cortado, o que se regenera terá sempre as características da espécie que doou o pé (onde está o núcleo). (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Núcleo interfásico

O **envoltório nuclear** (**figuras 3 e 4**) é formado por dois folhetos membranosos justapostos, separados pelo espaço perinuclear. É contínuo com as membranas do retículo endoplasmático, apresenta **poros** pelos quais ocorrem trocas de substâncias entre o núcleo e o citoplasma e possui ribossomos aderidos à face citoplasmática.

A **cariolinfa** (ou nucleoplasma) é um material gelatinoso de preenchimento, semelhante ao citosol, com o qual tem comunicação direta através dos poros do envoltório nuclear. No entanto, comparada ao citosol, a cariolinfa tem maior concentração de proteínas, de RNA e de nucleotídeos livres.

A **cromatina** é formada por DNA e proteínas (principalmente as histonas). O DNA contém a informação genética; as proteínas mantêm a estrutura da cromatina e controlam a atividade do DNA.

Nucléolos são corpúsculos arredondados, densos, sem membrana envolvente e aparecem em número variável, geralmente um ou dois por núcleo. Constituídos por RNA ribossômico associado a proteínas, coram-se intensamente nas preparações usuais para microscopia.

Células que produzem muita proteína possuem envoltório nuclear muito poroso — que permite a passagem do RNA mensageiro, sintetizado no núcleo, no sentido do citoplasma. Ausentes em células procarióticas, os nucléolos são frequentes e grandes em células eucarióticas que produzem muita proteína. Neles, são formadas as subunidades dos ribossomos.

As histonas de todos os eucariotes possuem composição de aminoácidos muito semelhante, sugerindo origem evolutiva comum.

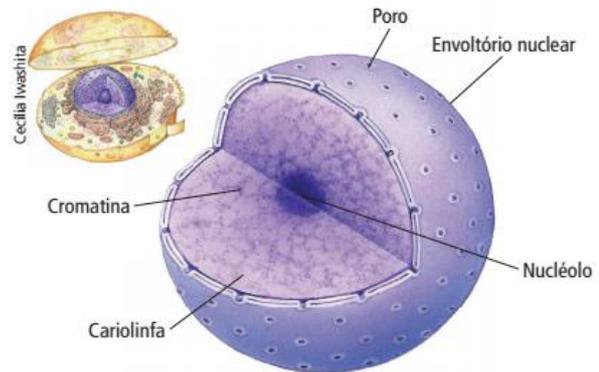
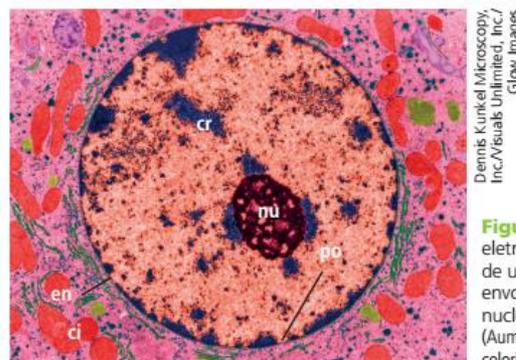


Figura 3. O núcleo celular contém DNA, RNA e proteínas, troca substâncias com o citoplasma e é palco de importantes processos metabólicos, como a replicação do DNA e a produção de RNA. Nas células eucarióticas, o núcleo interfásico geralmente é o maior organelo celular e possui envoltório nuclear, cariolinfa, nucléolos e cromatina. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)



Dennis Kunkel Microscopy, Inc./Visuals Unlimited, Inc./Glow Images

Figura 4. Foto de microscopia eletrônica evidenciando o núcleo de uma célula (ci: citoplasma; en: envoltório nuclear; po: poro; nu: nucléolo; cr: cromatina). (Aumento aproximado de 4 520 vezes; colorida artificialmente.)

É incorreto nomear o envoltório nuclear como "membrana nuclear", pois se trata de um envoltório complexo, e não de uma simples membrana.

Especialistas descartam clonagem para salvar espécies ameaçadas

Prioridade deve continuar sendo a conservação dos animais no seu habitat natural, afirmam. Clonagem é indicada sobretudo para criar exemplares para zoológicos

A clonagem é vista por alguns pesquisadores como uma alternativa para salvar animais ameaçados de extinção. Desde o início de 2000, pesquisas vêm sendo feitas em vários países, incluindo o Brasil. Para muitos especialistas, porém, esse processo reprodutivo está longe de ser uma alternativa viável para salvar as mais de 20 mil espécies ameaçadas no mundo.

"A clonagem é uma ferramenta emergencial no caso de uma multiplicação necessária, quando há poucos indivíduos, mas ela não vai recuperar ou salvar uma espécie. Vamos produzir exemplares para o zoológico", afirma o pesquisador Carlos Frederico Martins, coordenador do projeto da Embrapa, desenvolvido com o zoológico de Brasília, para clonar animais ameaçados.

Apesar dos avanços científicos dos últimos anos, a clonagem continua sendo um processo muito complexo, com resultados nem sempre satisfatórios. Além do DNA do animal a ser clonado, o processo depende também de um óvulo adequado para receber o embrião e da escolha do receptor para gestar o clone. Em muitos casos são necessários vários embriões e gestações para produzir um clone.

Além disso, a expectativa de vida de clones frequentemente é baixa, ou seja,

eles vivem menos tempo do que os demais indivíduos. Eles também apresentam deficiências e não são aptos para se reproduzir. Justamente essa dificuldade reprodutiva é um dos fatores determinantes para excluir a clonagem das alternativas para aumentar a população de animais ameaçados em seu habitat natural.

Além disso, a clonagem nada pode fazer para impedir a destruição de habitats naturais, causada pela interferência humana. Por isso, conservacionistas defendem que, além de proteger as espécies em seu habitat natural, é necessário também preservar o próprio ambiente em que elas vivem.

"Proteção de espécies não significa que o animal sobreviva de alguma maneira, como um clone num zoológico, mas em seu habitat, no seu ecossistema intacto. Esse precisa ser o objetivo de todos os esforços. Muitas outras medidas são muletas, que em longo prazo oferecem pouco sucesso", afirma o biólogo Thomas Pietsch, chefe do departamento de animais silvestres da organização alemã *Vier Pfoten*.

Colman O'Criodain, analista de políticas do programa de espécies globais do WWF, é da mesma opinião. "A nossa

prioridade é tentar conservar os animais no seu habitat natural. Se falamos na conservação em zoológicos, já perdemos a batalha. Na clonagem para zoológicos há um valor educativo e de curiosidade, mas não é uma contribuição significativa para a conservação", avalia.

[...]

O projeto da Embrapa é o primeiro estudo desse tipo com animais da fauna brasileira. Quase dois anos após seu anúncio, a fase de compra de equipamentos e estruturação de laboratórios já foi concluída, e agora os pesquisadores estão analisando possíveis animais para a clonagem.

Entre os candidatos estão o lobo-guará, o gato-palheiro, o cachorro-vinagre e até o bisão-europeu. O sucesso da clonagem está diretamente ligado ao conhecimento que pesquisadores possuem sobre a fisiologia reprodutiva desses animais. E é justamente nessa fase que se encontra a pesquisa.

[...]

Apesar de ser um processo caro, para o pesquisador a clonagem é válida para zoológicos quando não há muitos exemplares desses animais ou eles são raros. Atualmente, uma clonagem de bovinos custa em torno de 30 mil reais.

NEHER, C. Especialistas descartam clonagem para salvar espécies ameaçadas, publicado em 17 ago. 2014. © Deutsche Welle.

Madimir Wrangels/Shutterstock.com



Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), 1 m de comprimento.

Gato-palheiro (*Oncifelis colocolo*), 60 cm de comprimento.



Fabio Colombini

Atividades

Escreva no caderno

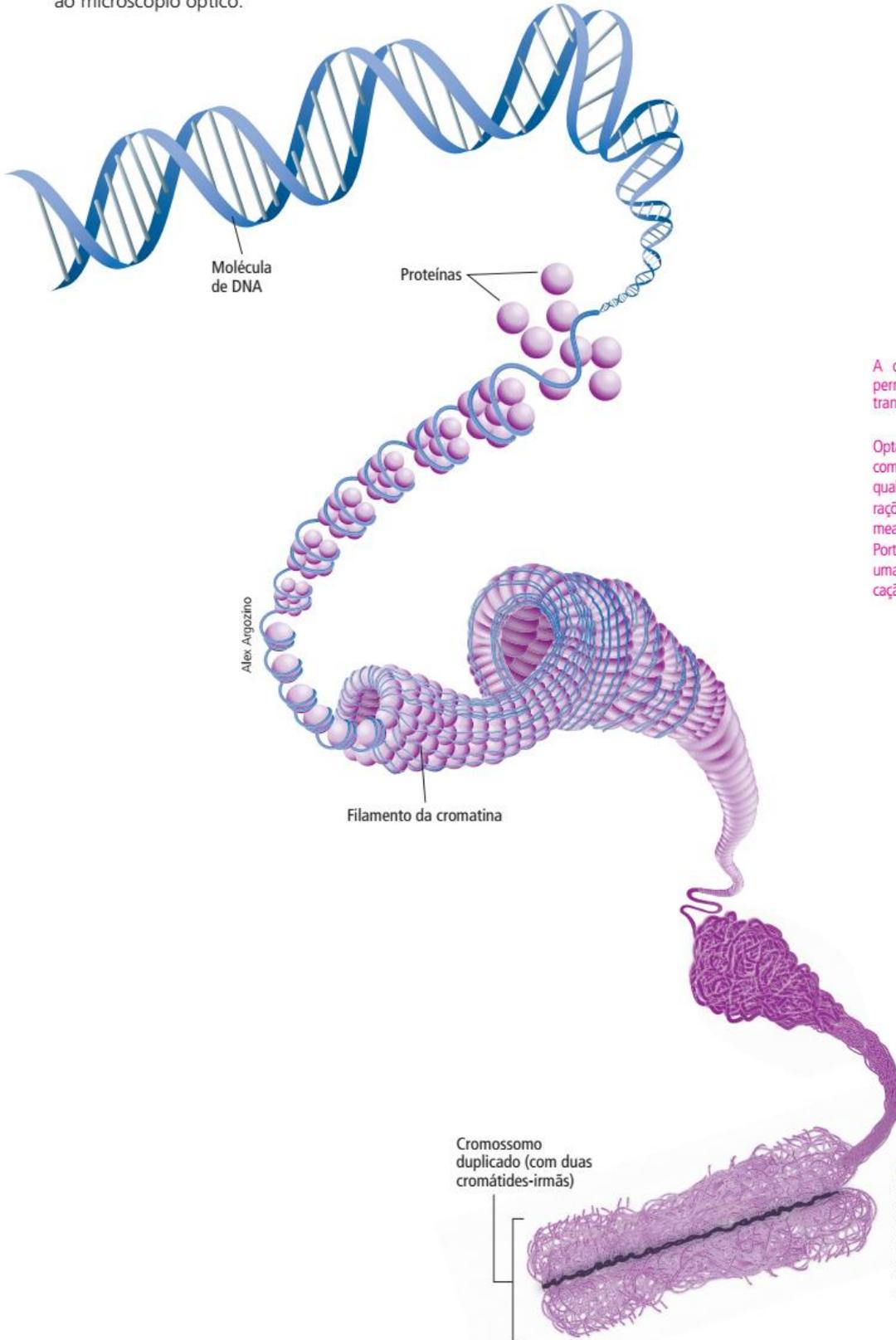
Depois de ler a reportagem, responda:

1. Por que alguns especialistas não veem a clonagem como um meio eficaz para se evitar a extinção de espécies?
2. Cite algumas dificuldades para a utilização da clonagem como estratégia de preservação.

Composição e estrutura dos cromossomos

No núcleo interfásico, a cromatina apresenta-se como um emaranhado de filamentos longos e finos e alguns grânulos. Cada filamento da cromatina constitui um **cromossomo** (do grego *chroma*, cor, e *soma*, corpo).

Durante a **interfase** (fase que antecede a divisão celular), cada cromossomo duplica-se, originando dois filamentos idênticos (chamados **cromátides-irmãos**) que permanecem unidos um ao outro. No final da interfase, os cromossomos começam a se condensar por enovelamento e dobras, tornando-se mais curtos e mais grossos (**figura 5**). Durante a divisão celular, formam corpúsculos individualizados, geralmente com forma de bastonete, facilmente visíveis ao microscópio óptico.



A cromatina ativa é descondensada, o que permite a ação das enzimas que participam da transcrição.

Optamos por designar genericamente **cromatina** como o material formado por DNA e proteínas, a qual pode ser encontrada em diferentes configurações, dependendo da etapa do ciclo celular. Nomeamos **cromátide** cada filamento de cromatina. Portanto, um **cromossomo** pode ser formado por uma ou duas cromátides (antes ou depois da replicação do material genético, respectivamente).

Figura 5. No filamento de cromatina, a molécula de DNA enrola-se a intervalos regulares em torno de um complexo de proteínas. Durante a condensação, o conjunto formado por DNA e proteínas se enovela e sofre sucessivos dobramentos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Estrutura cromossômica

Cada cromossomo condensado (**figura 6**) apresenta uma **constricção primária**, região estreitada onde está o **centrômero** (estrutura pela qual as cromátides-irmãs se unem).

Além da constricção primária, um cromossomo pode apresentar uma ou mais **constricções secundárias**, algumas das quais responsáveis pela formação dos nucléolos, denominadas **regiões organizadoras dos nucléolos** (ou organizadores nucleolares).

Nas extremidades dos cromossomos se encontram os **telômeros**, estruturas que não apresentam atividade gênica, mas que se relacionam com a manutenção da estabilidade dos cromossomos.

► **Cinetócoros** (do grego *kinetós*, que pode ser movido, e *khôros*, região) são duas estruturas discoidais (em forma de disco), formadas lateralmente na região do centrômero, às quais se prendem fibras proteicas (microtúbulos) que movimentam os cromossomos pela célula durante a divisão celular.

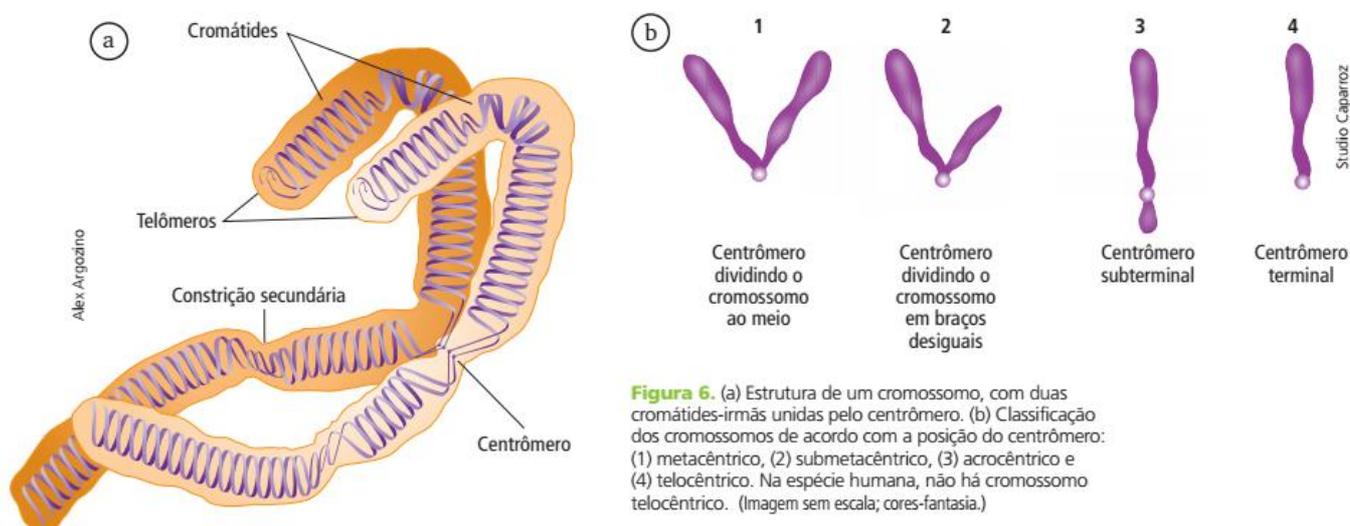


Figura 6. (a) Estrutura de um cromossomo, com duas cromátides-irmãs unidas pelo centrômero. (b) Classificação dos cromossomos de acordo com a posição do centrômero: (1) metacêntrico, (2) submetacêntrico, (3) acrocêntrico e (4) telocêntrico. Na espécie humana, não há cromossomo telocêntrico. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Tipos de cromossomos

Na maioria das espécies, há um par de **cromossomos sexuais** (ou **alossomos**), constituído diferentemente nos machos e nas fêmeas; os outros pares, idênticos nos dois sexos, são chamados **autossomos** (**figura 7**).



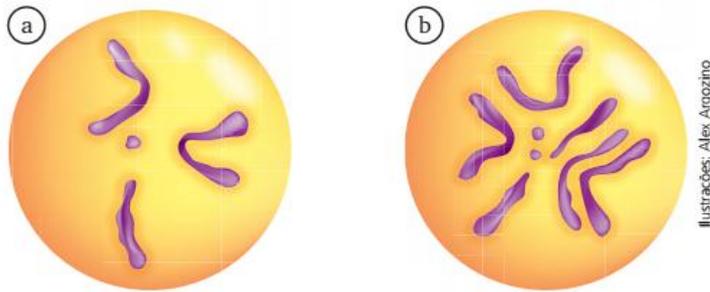
Figura 7. Na espécie humana há 46 cromossomos. As mulheres têm 44 autossomos (22 pares) e um par de cromossomos sexuais, conhecidos como XX. Os homens têm os mesmos 44 autossomos e um par de cromossomos sexuais, denominados XY.

Genoma e cariótipo

Observe as células indicadas na **figura 8**. A célula da esquerda (a) possui quatro cromossomos, sendo um de cada tipo; a célula da direita (b) possui oito cromossomos, com dois de cada tipo. Em cada espécie de ser vivo, um conjunto formado por um cromossomo de cada tipo constitui um **lote cromossômico**, designado por n .

Na maioria dos organismos, as células somáticas (aquelas não relacionadas com a formação de gametas) têm dois lotes cromossômicos e possuem o dobro da quantidade de cromossomos encontrada nos gametas (as células reprodutoras), que têm apenas um lote cromossômico. Ao conjunto formado por dois lotes de cromossomos, presente na célula somática, dá-se o nome de número **diploide** ($2n$); o conjunto cromossômico de um gameta, formado por apenas um lote, denomina-se número **haploide** (n).

Nas células diploides ($2n$), metade da quantidade de cromossomos tem origem paterna (n) e metade tem origem materna (n).



Ilustrações: Alex Argozino

Figura 8. (a) Célula haploide ($n = 4$) e (b) célula diploide ($2n = 8$). (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Genoma é um lote n de cromossomos. As células somáticas contêm dois genomas (um com cromossomos de origem paterna e outro com cromossomos de origem materna), ou seja, dois cromossomos de cada tipo, enquanto os gametas possuem somente um genoma (paterno ou materno), com um cromossomo de cada tipo.

Cariótipo é o conjunto de cromossomos típico de cada espécie, com as características de número, tamanho e forma. Embora algumas espécies sejam muito diferentes, podem ter o mesmo número de cromossomos (como no caso do rato-branco, do macaco reso e da aveia).

Veja estes exemplos da **tabela 1**: *Analizando os dados da tabela 1, reforce que organismos muito diferentes podem apresentar a mesma quantidade de cromossomos.*

Genoma também pode designar o conjunto de todos os genes de uma célula. Com esta significação, falamos em genoma humano, por exemplo.

Tabela 1 - Quantidade de cromossomos em alguns seres vivos

Ser vivo	Espécie	Número de cromossomos
Mosca-das-frutas	<i>Drosophila melanogaster</i>	8
Mosca doméstica	<i>Musca domestica</i>	12
Rã	<i>Rana pipiens</i>	26
Rato-branco	<i>Rattus rattua</i>	42
Macaco reso	<i>Macaca mulatta</i>	42
Ser humano	<i>Homo sapiens</i>	46
Cavalo	<i>Equus caballus</i>	64
Cachorro	<i>Canis familiaris</i>	78
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	14
Mamão	<i>Carica papaya</i>	18
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	24
Aveia	<i>Avena sativa</i>	42
Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	42
Batata	<i>Solanum tuberosum</i>	48
Cana-de-açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	80

Fonte: BURNS, G. W.; BOTTINO, P. J. **Genética**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1989.

Por que, em todas as espécies assinaladas na tabela, o número de cromossomos é par?

Em todas elas, a contagem é feita nas células somáticas, que são diploides, ou seja, nelas os cromossomos existem aos pares. Os gametas, células reprodutivas que se fundem na formação de novos indivíduos, têm a metade dessa quantidade, ou seja, apenas um cromossomo de cada tipo.

Diagnosticando doenças cromossômicas

Alterações numéricas e/ou estruturais dos cromossomos são a causa de algumas doenças, como a síndrome de Down, diagnosticadas pela observação do cariótipo de células do paciente.

O estudo cromossômico (cariotipagem) pode ser realizado em células fetais obtidas por **amniocentese** (punção do líquido que envolve o feto dentro do útero) ou por sucção de tecido fetal da placenta. Após o nascimento, esse estudo é feito habitualmente em leucócitos (glóbulos brancos).

Para estudo da mitose em culturas de tecidos, empregam-se substâncias — como a fito-hemaglutina, proteína obtida de algumas plantas — que estimulam as células a entrar em divisão. No preparo de amostras para estudos cromossômicos, usam-se a **colchicina** ou a **vimblastina**, substâncias obtidas de plantas que impedem a progressão da divisão celular.

Colocadas em solução hipotônica, as células absorvem água e “incham”, o que separa os cromossomos uns dos outros. Uma gota do material é colocada sobre uma lâmina de vidro. Depois de seco, o material é tingido com corantes com os quais a cromatina tem afinidade, tornando esse material mais visível durante a análise ao microscópio (**figura 9**).

As amostras são observadas ao microscópio, e os grupos de cromossomos são identificados e fotografados. As fotografias são ampliadas, recortadas e, por fim, os cromossomos são agrupados aos pares e colocados em ordem decrescente de tamanho.

Pela análise dos cromossomos, realizada por meio das fotografias, o investigador pode avaliar se existe anormalidade cromossômica nas células estudadas (**figura 9**).

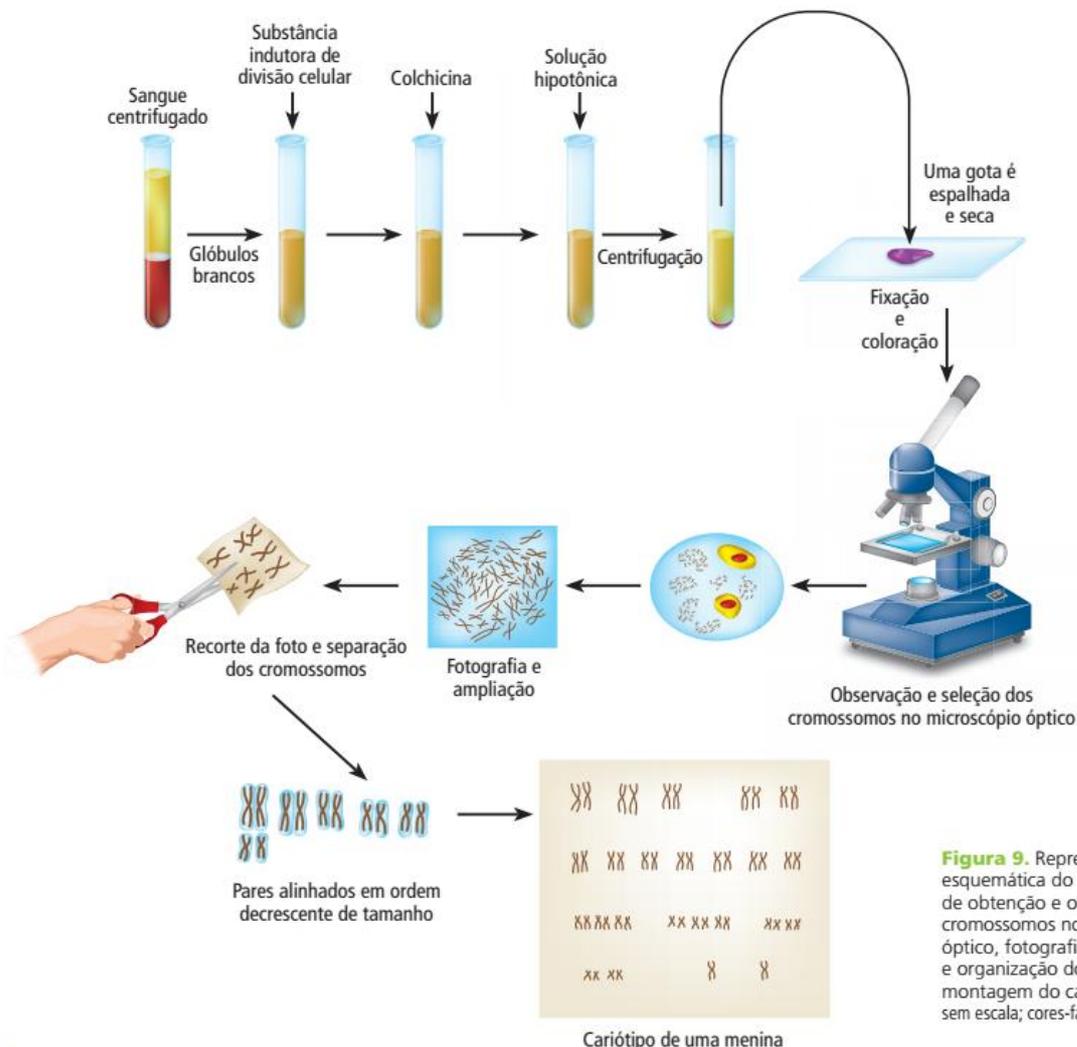
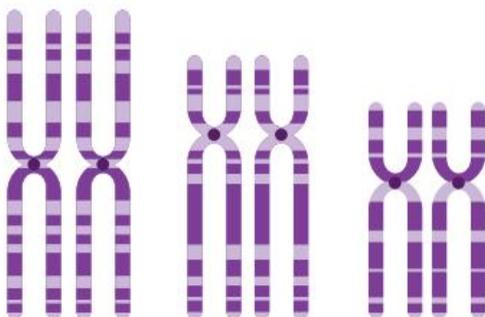


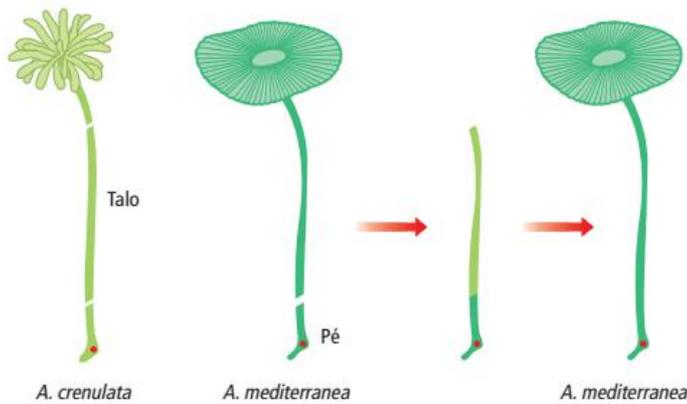
Figura 9. Representação esquemática do procedimento de obtenção e observação dos cromossomos no microscópio óptico, fotografia, ampliação e organização dos pares para montagem do cariótipo. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Existem algumas técnicas que auxiliam na identificação dos cromossomos. A **técnica do bandeamento**, por exemplo, emprega uma enzima que digere algumas partes dos cromossomos. Dessa técnica, resultam listras transversais nos cromossomos, que facilitam a localização dos pares e a visualização de eventuais defeitos (**figura 10**).

Figura 10. Representação de três cromossomos humanos preparados pela técnica de bandeamento. Cada par de cromossomos assume um padrão característico de faixas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



- (Fuvest-SP) Um estudante escreveu o seguinte em uma prova: "As bactérias não têm núcleo nem DNA". Você concorda com o estudante? Justifique.
- Acetabulárias são algas unicelulares de alguns centímetros de comprimento, dotadas de pé (onde está o núcleo), talo e chapéu. As espécies *Acetabularia crenulata* e *A. mediterranea* exibem, respectivamente, chapéus de borda serrilhada e de borda lisa. Quando um talo de *A. crenulata* é enxertado em um pé de *A. mediterranea*, o chapéu regenerado tem as características de *A. mediterranea*, como mostra a figura:



- Que conclusões podem ser obtidas pela análise do experimento?
 - O mesmo resultado seria verificado se o pé de *A. crenulata* fosse enxertado em um talo de *A. mediterranea*? Justifique.
- As células eucarióticas e procarióticas apresentam material genético e são capazes de sofrer divisões.
 - Como essas células se diferenciam quanto à presença do núcleo?
 - Nas células eucarióticas, quais são as estruturas constituintes do núcleo e a sua função?
 - Grandes moléculas de RNA são produzidas no interior do núcleo e atuam no citoplasma; por outro lado, diversas proteínas, como as histonas e várias enzimas, são sintetizadas no citoplasma e encontradas no núcleo.
 - Que característica estrutural do envoltório nuclear torna possível o fluxo de macromoléculas?
 - Em linhas gerais, explique as funções das moléculas de RNA que deixam o núcleo no sentido do citoplasma.

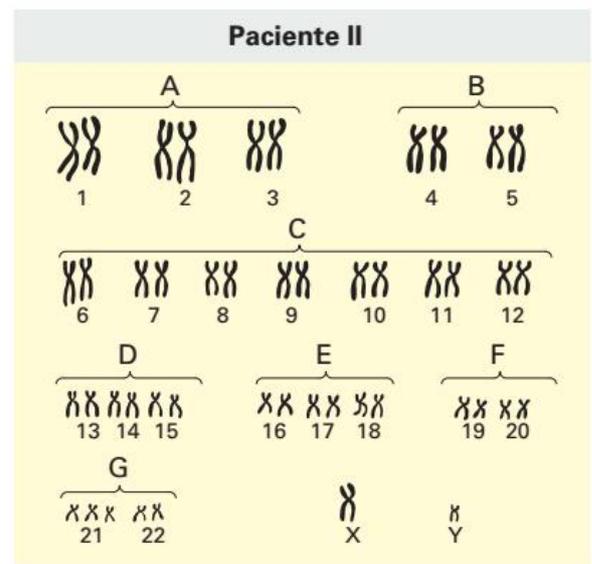
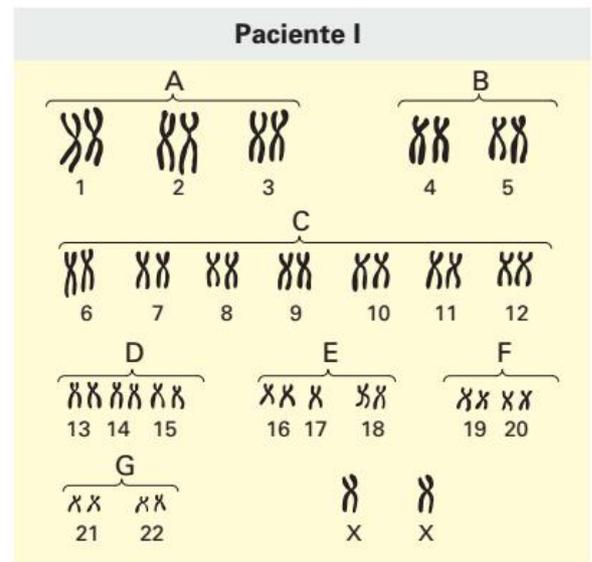
- (Fuvest-SP) Os cromossomos humanos costumam ser estudados em células do sangue. Essa análise pode ser feita tanto em glóbulos brancos quanto em glóbulos vermelhos? Por quê?
- (Unicamp-SP) Comente a frase: "Cromossomos e cromatina são dois estados morfológicos dos mesmos componentes celulares de eucariontes".

- A seguir, está indicado o número de cromossomos encontrados em gametas de algumas plantas muito cultivadas no mundo todo:

Planta	n
Feijão	11
Arroz	12
Tabaco	12
Café	22

Sabendo que as células somáticas são habitualmente diploides, quantos cromossomos devem ser encontrados, respectivamente, em células somáticas de feijão, arroz, café e tabaco?

- Sobre os cariótipos a seguir, responda:



- Qual é o sexo cromossômico destes dois pacientes?
- Que paciente possui uma alteração no número de cromossomos? Qual é essa alteração?

Cartões de crédito, girinos e ovelhas

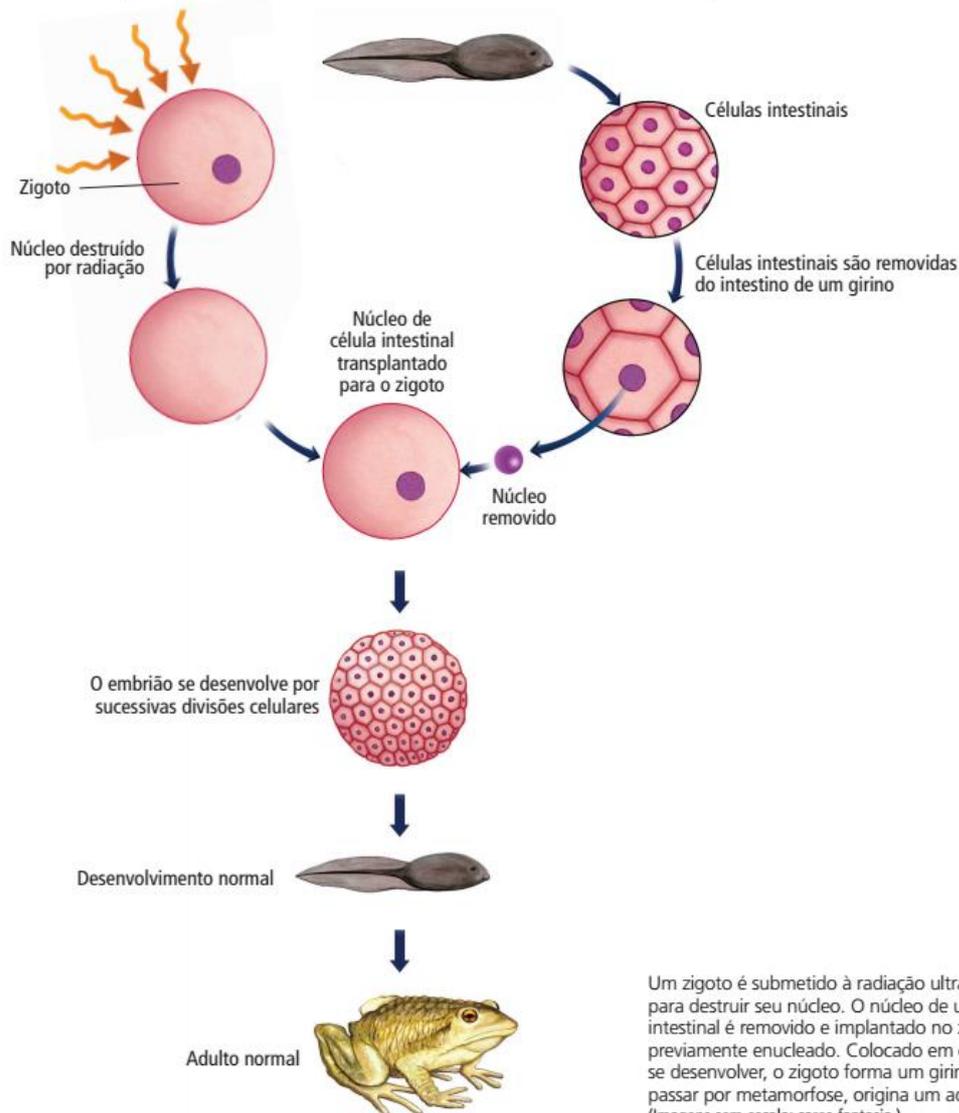
É comum que, ao pagar uma conta, o consumidor desavisado entregue ao funcionário de estabelecimentos comerciais com grande movimento seu cartão de crédito e o perca de vista. Se esse funcionário for um golpista, ele pode passar o cartão de crédito por um pequeno equipamento conhecido como “chupa-cabras” (em inglês, *skimmer*, “raspadeira”), geralmente escondido nos bolsos. Em poucos segundos, estarão recolhidas todas as informações necessárias para que, posteriormente, outro cartão de crédito virtualmente idêntico seja produzido. O cartão foi “clonado”, como habitualmente se diz. Etimologicamente, clonar (do grego *klónos*, “broto”) significa gerar uma réplica. Assim, fala-se em clonar cartões de crédito ou placas de automóveis, bem como em clonar seres vivos e genes.

A clonagem de seres vivos não é tão recente. Em linhas gerais, é uma técnica que permite produzir cópias de organismos, células ou genes, ou seja, é um processo de reprodução assexuada.

Desde que os seres humanos deixaram o modo de vida caçador-coletor e passaram a se dedicar à agricultura, aprenderam a obter mudas de plantas e a replicar as variedades mais

produtivas ou resistentes. Mandioca, morango, violetas e cana-de-açúcar são exemplos de plantas reproduzidas assexuadamente, por clonagem. Em animais, já era realizada havia décadas a chamada “clonagem clássica”, que consiste na partição de um embrião. Ela ocorre até naturalmente, no desenvolvimento dos gêmeos univitelinos.

Em laboratório, a clonagem por transferência nuclear era conseguida em anfíbios, não em mamíferos. Desde a década de 1950, sabia-se que núcleos transferidos de células de anfíbios permitem o desenvolvimento de adultos normais. Removendo o núcleo de uma célula (embrionária ou adulta) e implantando-o em zigoto cujo núcleo fora previamente removido, os pesquisadores Robert Briggs e Thomas King, da Universidade de Indiana (EUA), observaram, em pesquisas realizadas nas décadas de 1950 e 1960, que um girino perfeito se desenvolvia e posteriormente se transformava em anfíbio adulto normal. O resultado indicava que o núcleo da célula doadora continha todo o material genético necessário e funcionalmente capaz de permitir o desenvolvimento de um indivíduo completo.



Nasce uma estrela

Dolly parece ser uma ovelha absolutamente comum — apenas mais uma ovelhinha da raça *finn dorset* —; contudo, como o mundo já reconheceu, ainda que não inteiramente pelos motivos corretos, ela poderia afirmar ser a mais extraordinária criatura nascida em todos os tempos.

Ian Wilmut, um dos "pais" de Dolly ¹

Até a década de 1990, transferências nucleares em mamíferos eram feitas com núcleos de células de embriões em estágios iniciais do desenvolvimento ou o núcleo de células cultivadas, mas não com células adultas.

Em 1997, em um artigo publicado pela revista científica *Nature*, Ian Wilmut e Keith Campbell apresentaram a primeira referência ao

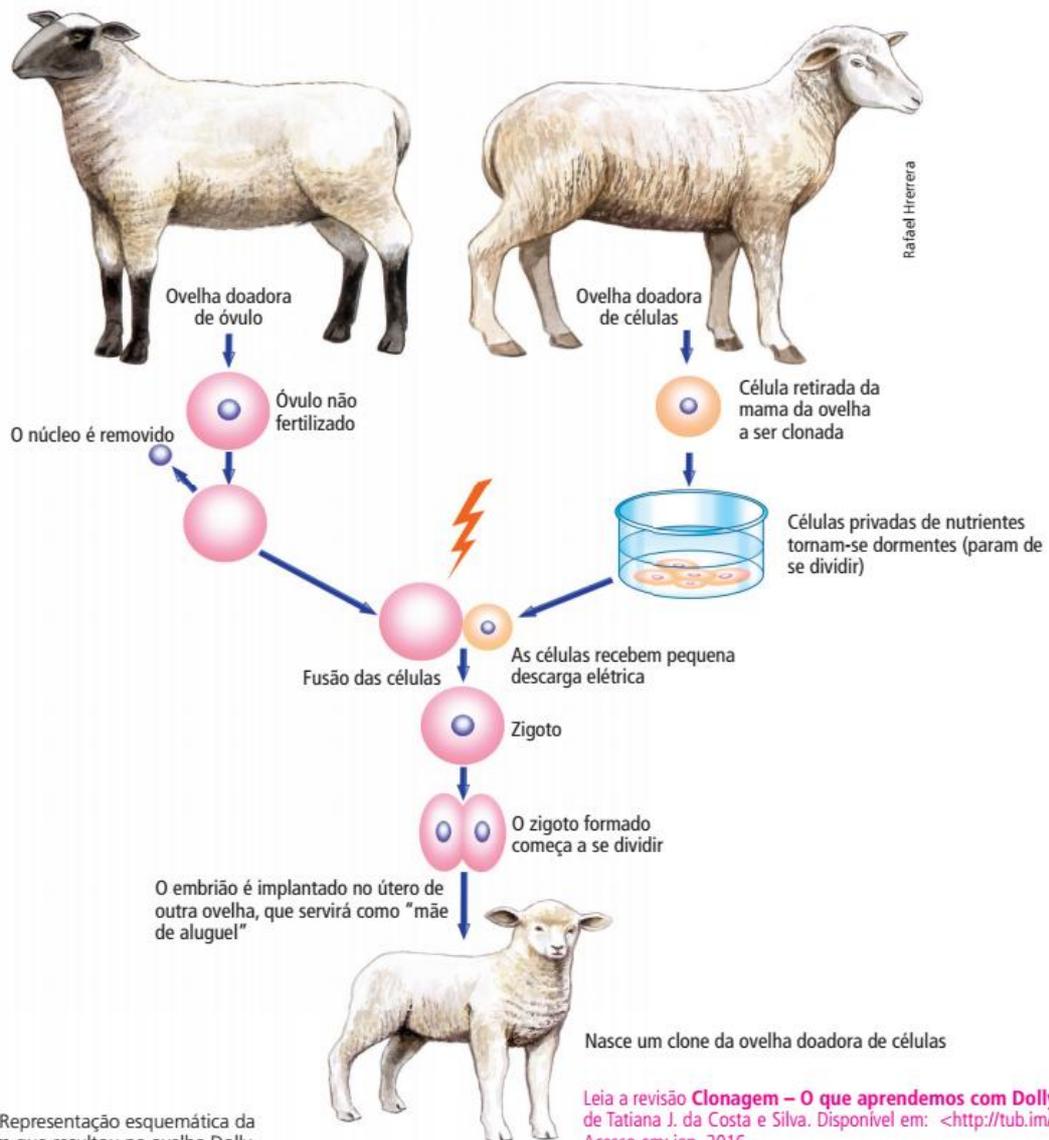
desenvolvimento de um embrião de mamífero depois da transferência de núcleo obtido de célula adulta já diferenciada (no caso, célula de glândula mamária de ovelha).

O fato de a ovelha Dolly ter se originado por transferência do núcleo de uma célula adulta diferenciada confirmou que a diferenciação celular não acarreta modificações irreversíveis no material genético necessário para permitir o desenvolvimento.

Dolly não era uma cópia 100% idêntica à ovelha doadora do núcleo, posto que recebeu certa quantidade de material genético de mitocôndrias do citoplasma do óvulo enucleado, que pertencia a outra ovelha. Mesmo na espécie humana, existem características determinadas pelo DNA mitocondrial.

¹ WILMUT, I.; CAMPBELL, K. Dolly – A segunda criação. Rio de Janeiro: Objetiva, 2000.

Leia mais sobre clonagem no Portal Ghente (disponível em: <<http://tub.im/6wz5zc>>); no Portal Bioética (disponível em: <<http://tub.im/fsqt7g>>); no Portal Learn Genetics (em inglês) (disponível em: <<http://tub.im/aazzea>>) e no Portal National Human Genome Research Institute (em inglês) (disponível em: <<http://tub.im/rgbic>>). Acessos em: jan. 2016.



Representação esquemática da clonagem que resultou na ovelha Dolly. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Leia a revisão **Clonagem – O que aprendemos com Dolly?**, de Tatiana J. da Costa e Silva. Disponível em: <<http://tub.im/8ftbxs>>. Acesso em: jan. 2016.

Posteriormente, a mesma técnica foi aplicada com outras espécies de mamíferos, como bovinos e equinos, com taxa média de sucesso relativamente baixa (entre 10% e 20%).

A história de Dolly não foi apenas sucesso e pasto verde. Ao longo da vida, gerou 6 filhotes, todos saudáveis. Porém desenvolveu, precocemente, um quadro de artrite, que causava dor e certa dificuldade para caminhar, mas controlada satisfatoriamente com medicamentos. Embora as ovelhas *finn dorset* (raça da doadora do núcleo) vivam, em média, de 10 a 12 anos, Dolly foi sacrificada aos 6 anos, com câncer de pulmão. Aparentemente, a morte precoce da ovelha mais famosa do mundo não teve relação com o fato de ser um clone, mas por ter vivido quase sempre em ambientes fechados, por razões de segurança. Uma outra ovelha, que compartilhava os alojamentos do Instituto Roslin com Dolly, morreu na mesma época e com um quadro semelhante.

Alguns pesquisadores chegaram a argumentar que a morte estaria relacionada a algum tipo de envelhecimento genético precoce. Os cromossomos possuem, na extremidade, uma espécie de capuz protetor (região denominada **telômero**) que vai se encurtando com a idade. Esses cientistas argumentavam que, como Dolly tinha 6 anos quando morreu, sua “idade cromossômica” seria de 12 anos, somados aí os 6 anos da ovelha doadora do núcleo. Posteriormente, todavia, descobriu-se que os embriões clonados têm a capacidade de recompor seus telômeros e, de certa forma, se renovar geneticamente.

Em 2010, foram obtidas ovelhas por clonagem a partir de tecidos congelados de Dolly.



Na foto, Dolly já adulta, com seu primeiro filhote, Bonnie, nascido em abril de 1998.

APT/WAP Photo/Glow Images

A roda não para

Embora o próprio Wilmut, um dos criadores de Dolly, diga que a realidade não costuma acompanhar a ficção muito de perto, em Biotecnologia coisas têm andado rapidamente. Cerca de um ano depois do nascimento de Dolly, nasciam no mesmo Instituto Roslin os carneiros Polly e Molly, não apenas clonados, mas transgênicos — traziam em suas células um fragmento do material genético humano responsável pela síntese do fator IX, uma proteína importante na coagulação do sangue e que falta em pessoas portadoras da hemofilia B. Estavam abertas as portas para a produção de fábricas vivas!

A chegada de Dolly rompeu barreiras científicas e éticas. Essa modalidade de clonagem confronta paradigmas científicos e, principalmente, paradigmas éticos, se aplicada em humanos.

Com a clonagem, a reprodução pode simplesmente prescindir de um dos genitores (no caso, o pai). Pode, ainda, permitir o desenvolvimento de um bebê com três “mães”: uma mulher que doasse uma célula adulta (da qual seria retirado o núcleo a ser transplantado), uma mulher que doasse um óvulo (que seria enucleado) e, finalmente, uma mulher que “emprestasse” o útero (ou seja, uma “barriga de aluguel”) e levasse adiante a gestação.

De volta às aplicações menos polêmicas, a clonagem na pecuária poderia originar rebanhos uniformes de animais portadores de características desejáveis, como o rápido crescimento, a elevada produção leiteira ou a maciez da carne. A clonagem também poderia ser feita não para fins reprodutivos, mas para fins terapêuticos. Embriões obtidos por clonagem poderiam servir como fonte de células-tronco embrionárias, potencialmente úteis no tratamento de diversas doenças. Células-tronco extraídas de embriões clonados poderiam se diferenciar e originar tecidos ou órgãos a serem transplantados. Embriões transgênicos gerados por clonagem poderiam ser mantidos em meio de cultura, produzindo substâncias de uso terapêutico (como a insulina, usada pelos diabéticos).

Questões além da técnica

A clonagem persiste mergulhada em um oceano de dilemas éticos, morais e legais. Vejamos apenas alguns deles. É correto se fazer a clonagem em humanos com finalidade reprodutiva? Em especial, é correto gerar uma criança que seja cópia idêntica de alguém, apenas para atender a um desejo? Um embrião humano gerado por clonagem possui os mesmos direitos que um embrião humano gerado *in vivo*? Um embrião gerado por clonagem pode ser legalmente comparado aos embriões também gerados em laboratório, mas pela fusão de espermatozoide e óvulo, como se faz em clínicas de reprodução assistida? Os embriões gerados por clonagem podem ser livremente descartados, como já ocorre nas clínicas de reprodução assistida com os embriões gerados por fertilização *in vitro*? É correto produzir embriões humanos que funcionem como “fábricas vivas” de tecidos e órgãos? É correto gerar um embrião humano e destruí-lo, para retirar dele células que podem salvar a vida de outra pessoa? Cientistas, empresas e institutos de pesquisa têm o direito de decidir em seus laboratórios o futuro da espécie humana?

Ninguém é capaz de precisar todas as repercussões dessas poderosas tecnologias e dizer aonde elas vão parar. O que sabemos é que a moderna Biotecnologia está propondo perguntas com as quais nossos avós sequer sonhavam.

Escreva
no caderno

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

1. Leia o texto abaixo:

Você talvez tenha se dado conta, irmão. O homem começou a ficar obsoleto. Você, eu não sei, mas já estou me sentindo como um “disco de vinil”. Teoricamente, o espermatozoide perdeu sua função no mundo. Estávamos no mundo para fazer espermatozoide. A capela Sistina, a Nona Sinfonia, a Itaipu Binacional, tudo foi produção secundária, tudo “bico”. Nossa missão era fornecer o espermatozoide; nossa missão acabou.

VERISSIMO, L. F. *O Estado de S. Paulo*, 26 fev. 1997.

O texto foi escrito poucos dias depois do anúncio do nascimento de Dolly. Justifique os seguintes trechos:

- a) “...o espermatozoide perdeu sua função no mundo.”
- b) “...nossa missão acabou.”

2. Ian Wilmut, um dos criadores da Dolly, afirmou:

Acreditamos que a ciência e a tecnologia que emergirão de nosso método de clonagem e das manipulações genéticas que desse modo se tornam possíveis deveriam beneficiar a humanidade [...]. Porém, também tornou-se evidente que, se ovelhas podem ser clonadas, então, em princípio, seres humanos também podem.

WILMUT, I.; CAMPBELL, K. *Dolly – A segunda criação*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2000.

- a) Há grupos que defendem a liberação sem restrições da clonagem de pessoas. Discuta com seus colegas que riscos e benefícios vocês poderiam associar à clonagem de seres humanos. Anote em seus cadernos pelo menos dois riscos e dois benefícios.
- b) Qual é sua opinião a respeito da clonagem humana? Ouça a opinião de seus colegas e anote as principais ideias.

Divisão celular

A vida atravessa o tempo

Tecendo com a linha do tempo

Costumo regressar eternamente ao eterno retorno.

Jorge Luis Borges (1899-1986), escritor argentino.¹

O tempo marca nossas vidas, impondo rotinas e compromissos; todavia, diferentes culturas indicam de formas diversas sua passagem. Na tradição judaico-cristã, a ideia do tempo linear corresponderia a uma sequência contínua de eventos irreversíveis e não repetíveis; ou seja, o tempo seria uma seta apontada para o futuro. Já os antigos gregos desenvolveram a ideia do tempo circular, sem começo ou fim; portanto, um eterno retorno, como lembrou Jorge Luis Borges. Diferentemente da seta apontando para o futuro, o tempo circular traria a permanente reedição de eventos. A roda da vida e da história giraria inexoravelmente.

As células têm um tempo de vida, que pode ser medido em horas, dias, meses ou anos. Elas iniciam a vida recebendo informações genéticas de células antecessoras, e podem encerrá-la gerando células-filhas, que receberão essas informações. As filhas das filhas repetem o processo, dando à espécie uma virtual imortalidade. Todas as células de uma pessoa adulta — e são centenas de trilhões — originam-se de uma única célula. Durante o desenvolvimento embrionário, surgem diferentes tecidos e órgãos. Alguns mantêm a vida da pessoa, permitindo-lhe digerir alimentos, obter O_2 do ar atmosférico, excretar resíduos metabólicos e se locomover; outros participam dos processos reprodutivos.

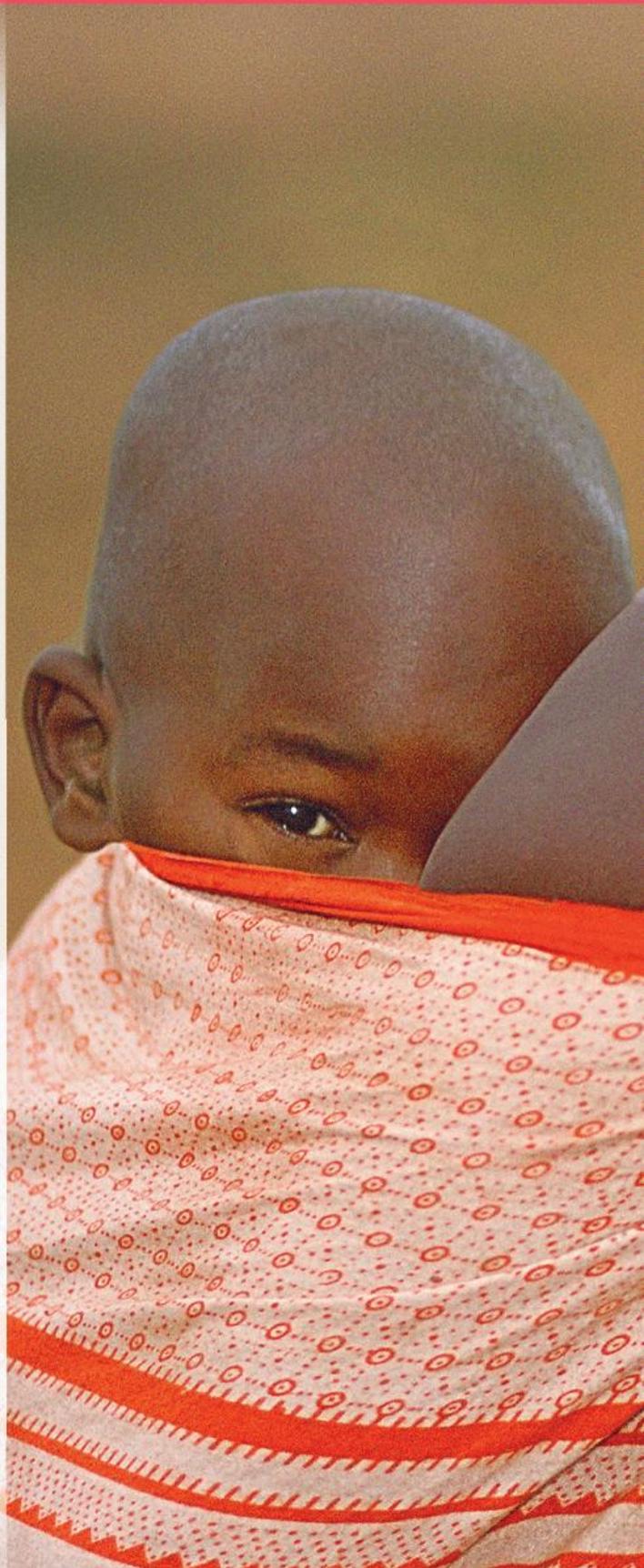
A divisão celular ocorre basicamente de duas formas: mitose e meiose. A mitose (responsável pelo desenvolvimento e crescimento dos indivíduos e pela regeneração de partes do corpo) é a divisão celular pela qual uma célula origina duas células-filhas genética e cromossomicamente idênticas à célula inicial. Na meiose (que participa dos processos reprodutivos), uma célula gera quatro células-filhas, cada uma com metade da quantidade de material genético da célula inicial.

Durante as divisões celulares, podem ocorrer mutações, que são erros na replicação ou na repartição do material genético. Se uma mutação afetar células produtoras de gametas, a nova informação genética poderá ser transmitida aos descendentes e determinar o aparecimento de uma nova característica. Eventualmente, uma mutação afeta mais do que apenas um segmento do DNA e compromete porções maiores e até cromossomos inteiros. É o caso da síndrome de Down, condição descrita pela primeira vez, em 1866, pelo médico inglês John L. Down.

Outro tipo de erro na divisão celular relaciona-se ao desenvolvimento de tumores, processo que pode ficar restrito a um órgão ou parte dele, ou alastrar-se e comprometer outros órgãos. O estudo dos diversos tipos de câncer passa pela compreensão da divisão celular e de seus mecanismos de controle. É também uma oportunidade para tratar da prevenção!

¹ BORGES, J. L. *A história da eternidade*. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

Diversas visões sobre o tempo são apresentadas no artigo **O conceito do tempo entre os filósofos desde a antiguidade**. Disponível em: <<http://tub.im/gee3u2>>. Acesso em: jan. 2016.





A divisão celular estabelece um dos elos entre as gerações. Outros elos são de natureza cultural e afetiva. Na foto, mãe e filho no Quênia, África.

Mitose, divisão equacional

Pela reprodução das células, a vida atravessa o tempo.

Daniel Mazia, biólogo norte-americano (1912-1996).¹

Fotos: Michael Abbey/Photoresearchers/Lainstock

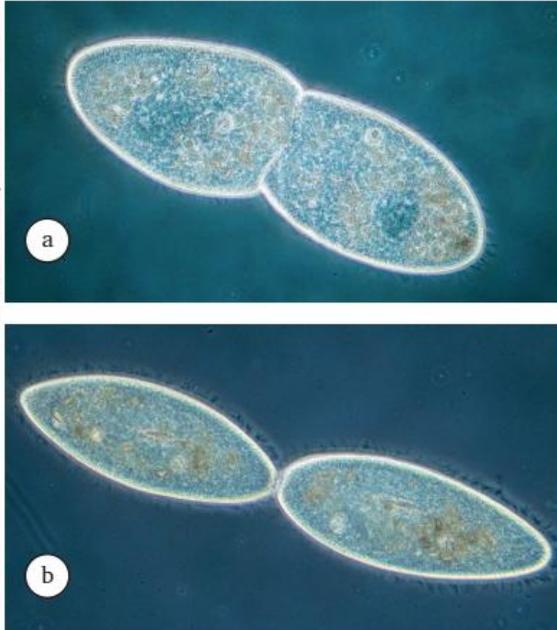


Figura 1. Processo de reprodução assexuada por mitose em paramécios. Em (a), paramécios completando a divisão celular (imagem de microscopia óptica; aumento aproximado de 170 vezes); em (b), células completamente separadas (imagem de microscopia óptica; aumento aproximado de 170 vezes).

Mitose e meiose são as duas formas fundamentais de divisão celular. A mitose é uma **divisão equacional** (representada por E!) em que uma célula-mãe origina duas novas células genética e cromossomicamente iguais a ela.

Algumas células apresentam frequência elevada de mitose, como as células da medula óssea vermelha, que produzem células do sangue, ou as dos tecidos vegetais meristemáticos, que promovem o crescimento das plantas; outras raramente ou nunca se dividem, como os neurônios, as células musculares estriadas e as células musculares cardíacas de vertebrados adultos.

Existem células que habitualmente não se dividem; contudo, podem fazê-lo em situações específicas. Células saudáveis do fígado, por exemplo, após uma hepatite viral, dividem-se e repõem as que foram destruídas pelo vírus; células ósseas entram em divisão e podem regenerar áreas lesadas por uma fratura.

Quando uma alga unicelular, uma ameba ou um paramécio se dividem por mitose, estão originando dois novos indivíduos (**figura 1**). Logo, em organismos unicelulares, **divisão celular** significa **reprodução assexuada**, pois, ao se dividirem por mitose, eles originam dois novos indivíduos geneticamente idênticos.

Nos seres pluricelulares, a mitose está relacionada com:

- **Desenvolvimento.** O embrião (no ovo ou na semente) é formado por células embrionárias que se dividem continuamente, originando tecidos e órgãos que constituirão o novo indivíduo. Após o nascimento, enquanto as células continuam a se dividir, os órgãos amadurecem. **Diferenciação celular** é o conjunto de processos pelos quais células ou tecidos, inicialmente muito semelhantes entre si, adquirem a forma, a função e outras características específicas no organismo adulto. Células indiferenciadas (chamadas **células-tronco**) podem se converter em qualquer tipo de célula diferenciada, seja ela nervosa, epitelial, muscular etc.
- **Crescimento.** Os organismos crescem em razão do aumento do número e do volume das células. O crescimento por hipertrofia é decorrente do aumento do volume das células (como ocorre com a massa muscular dos atletas). A mitose promove o crescimento por hiperplasia, que se deve ao aumento do número das células.
- **Renovação.** Células de diversos tecidos são substituídas periodicamente por divisão de células precursoras. Assim ocorre, por exemplo, com os glóbulos vermelhos dos mamíferos; anucleados, eles permanecem no sangue durante 90 a 120 dias, sendo removidos e destruídos no baço. Na medula óssea, tecido que preenche a cavidade de certos ossos do corpo, novas células são formadas e lançadas na circulação. A epiderme renova-se a cada 28 dias, enquanto na superfície interna do intestino a renovação é mais rápida e ocorre a cada dois ou três dias.
- **Regeneração.** Por meio da divisão celular, as células lesadas ou mortas podem ser substituídas por células saudáveis, como ocorre em fraturas ósseas e lesões superficiais da epiderme.
- **Reprodução.** Os casos de **reprodução assexuada** em organismos pluricelulares resultam de divisões de células de um único indivíduo, como ocorre na propagação vegetal por mudas e no brotamento de alguns invertebrados, como a hidra, pequeno animal de água doce. Brotamento é o tipo de reprodução assexuada em que indivíduos se formam a partir de brotos do organismo genitor, os quais podem se destacar, formando outros indivíduos, ou permanecer unidos, formando colônias. No caso do ser humano e de outros organismos com reprodução sexuada, células dos órgãos produtores de gametas passam por períodos em que sofrem mitose, o que permite o surgimento de grande quantidade de células precursoras de gametas.

¹ MAZIA, D. Como as células se dividem. In: SCIENTIFIC AMERICAN. **A célula viva**. São Paulo: Edusp/Polígono, 1969.

Ciclo celular

As células têm um período de vida limitado, que pode terminar com a morte ou com a divisão celular e o consequente surgimento de novas células. A maioria das células passa por uma sequência ordenada de eventos, entre o seu surgimento e a sua divisão, da qual se originam células-filhas. É o chamado **ciclo celular** (ou **ciclo mitótico**), que compreende a **interfase** e a **mitose** subsequente.

Durante a interfase, a célula reúne condições necessárias à divisão, quando originará células-filhas. Duplica boa parte de seus componentes, que serão distribuídos entre elas. Não é necessário que todas as moléculas e os componentes celulares originem duplicatas; todavia, o material genético deve obrigatoriamente gerar cópias, pois contém informações necessárias para que as células-filhas possam manter a estrutura e o funcionamento.

A interfase divide-se em três períodos:

- **Período G₁** (do inglês *gap*, intervalo). Ocorre desde o momento em que a célula surge, como resultado de divisão anterior, até o início da duplicação do material genético. Caracteriza-se pelo **crecimento** da célula, por aumento do volume de citosol e da quantidade de organelos. No núcleo, o trabalho é intenso: há produção de RNA mensageiro, que participa da produção de proteínas, permitindo o crescimento celular.
- **Período S** (do inglês *synthesis*, síntese). Nesse período, ocorre a **replicação do DNA** e, conseqüentemente, dos cromossomos, que passam a apresentar duas cromátides-irmãs, ligadas entre si pelo centrômero. A replicação não é sincronizada, ou seja, os filamentos de cromatina não iniciam nem encerram o processo todos ao mesmo tempo.

- **Período G₂**. Uma vez duplicado o material genético, a célula inicia outro período de **crecimento**, em geral menos ativo que o período G₁. No período G₂, os centríolos completam a duplicação, iniciada no período S; portanto, já existem dois centrosomos nas proximidades do núcleo (**figura 2**).

Os neurônios e as células musculares estriadas e cardíacas dos vertebrados adultos diferenciam-se e, neles, a mitose é um evento raro. Considera-se que permanecem em um período G₀ (“pausa”), durante o qual as atividades metabólicas ocorrem normalmente, mas não há duplicação do material genético nem divisão celular. Já entre os hepatócitos a mitose tem ocorrência eventual; eles permanecem em G₀ a maior parte do tempo, podendo retornar a G₁ quando for necessário regenerar o tecido do fígado. Substâncias indutoras da divisão celular estimulam as células a sair do período G₀ e a entrar em G₁. Em alguns órgãos — como na medula óssea, na pele e nos tecidos de crescimento das plantas —, a mitose é um evento que ocorre frequentemente.

A duração do ciclo celular (**figura 3**) depende do tipo de célula e de fatores externos, como temperatura, oferta de nutrientes e presença de substâncias capazes de induzir ou de inibir a divisão celular.

A porção final de cada cromossomo, denominada **telômero**, desgasta-se a cada divisão e tende a ser reconstruída pela ação de uma enzima chamada **telomerase**, a qual pode não ser ativa em determinadas células, o que causa o encurtamento progressivo dos telômeros a cada divisão. Isso pode levar as células dessa linhagem a um eventual estado de incapacidade de se dividirem, que é conhecido como “envelhecimento replicativo”.

Antigos microscopistas viam a interfase como um período de inatividade ou repouso celular, pois não conheciam as alterações como as que ocorrem na mitose. Atualmente sabemos, porém, que se trata de um período de intensa atividade metabólica.

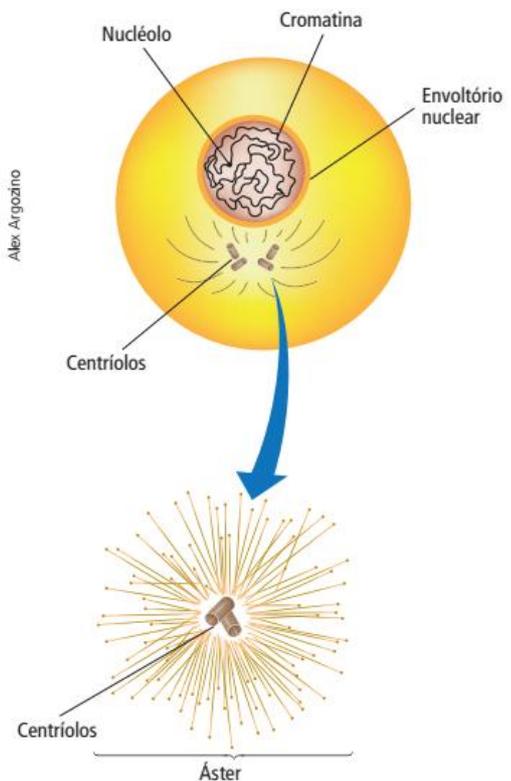


Figura 2. Célula animal no final da interfase. No detalhe, um dos dois pares de centríolos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Com o crescimento da célula, o volume celular aumenta proporcionalmente mais que a superfície da membrana. As necessidades metabólicas, proporcionais ao volume, aumentam mais que a capacidade de trocas com o meio através da membrana plasmática. Dividindo-se, a célula recompõe a relação adequada entre volume e superfície.

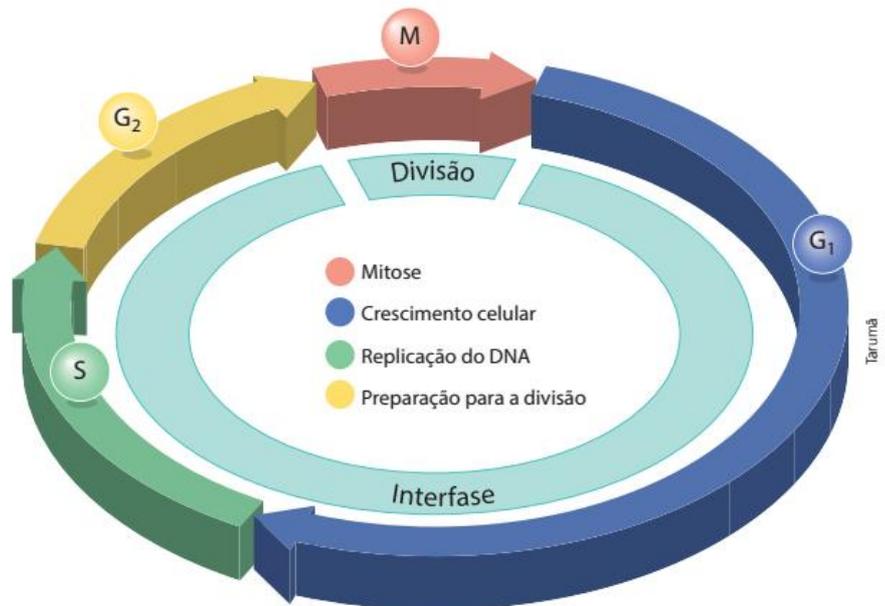


Figura 3. Em geral, as células permanecem a maior parte do tempo em interfase, quando a atividade metabólica é intensa. A progressão no ciclo ocorre quando a célula ultrapassa determinados *checkpoints* (“pontos de verificação” de alguns parâmetros, como a quantidade de DNA e de nutrientes). Quando certas condições são alcançadas, a célula atravessa o *checkpoint* correspondente e o ciclo prossegue, até o *checkpoint* seguinte.

É fundamental que os alunos percebam a mitose como um processo contínuo, cujas fases, didaticamente apresentadas, sucedem-se sem intervalos. Se possível, apresente o vídeo (em inglês) disponível em <<http://tub.im/6spsys>> e a animação (em inglês) disponível em <<http://tub.im/me4xbz>> (acessos em: mar. 2016).

► Fases da mitose

Uma vez iniciada a divisão celular, uma série de alterações ocorre na célula, em uma sequência contínua de numerosos eventos. A mitose é didaticamente dividida em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase, embora não existam limites precisos entre elas (**figura 4**).

As fases da mitose têm duração variável de célula para célula, mas em todas a prófase é a mais longa.

1. Prófase

Envoltório nuclear

Filamentos em condensação

Centrissomos deslocando-se para polos opostos

Fuso acromático

Carolina Biological/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

Célula em estágio intermediário da prófase (imagem de microscopia óptica; aumento aproximado de 430 vezes; colorida artificialmente).

A colchicina e a vimblastina são alcaloides que bloqueiam a polimerização da tubulina, impedindo a formação das fibras do fuso acromático. Com isso, impedem ou dificultam a divisão celular e, por esse motivo, podem ser usadas no tratamento de algumas formas de câncer.

Herve Conge, ISM/SPL/Latinstock

Célula no final da prófase (imagem de microscopia óptica; aumento aproximado de 420 vezes; colorida artificialmente).

Durante a prófase (do grego *pro*, anterior, e *phasis*, visão), que é a fase mais longa da mitose, cada centrissomo dirige-se para um dos polos da célula. Ao mesmo tempo, moléculas de proteína organizam-se em **fibras**, que se posicionam em torno dos centrissomos, constituindo os **ásteres**; entre os dois centrissomos, forma-se o **fuso acromático (ou fuso mitótico)**. Enquanto os cromossomos, já duplicados, se condensam, o nucléolo progressivamente se desintegra, até desaparecer, originando grande quantidade de ribossomos. O envoltório nuclear desorganiza-se, dando origem a numerosas vesículas e permitindo que a região nuclear seja atravessada pelas fibras do fuso acromático. Os cromossomos se espalham pelo citoplasma, ligando-se às fibras do fuso acromático.

2. Metáfase

Carolina Biological/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

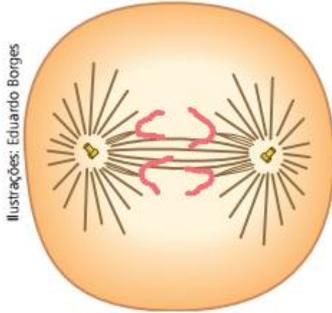
Célula no final da metáfase (imagem de microscopia óptica; aumento aproximado de 440 vezes; colorida artificialmente).

Na metáfase (do grego *meta*, além de), os cromossomos, presos a fibras do fuso acromático, ocupam a **região equatorial** da célula e atingem **grau máximo de condensação**, tornando-se bem visíveis ao microscópio. O enrolamento e a compactação dos filamentos de cromatina fazem com que as duas cromátides-irmãs fiquem plenamente separadas uma da outra, além de evitar que se fragmentem quando são tracionadas para os polos da célula.

Figura 4. Fases da mitose. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Para muitos autores, a mitose envolve apenas os eventos nucleares e a citocinese seria uma ocorrência posterior; outros consideram que a divisão do citoplasma é o evento que encerra a telófase.

3. Anáfase



Ilustrações: Eduardo Borges

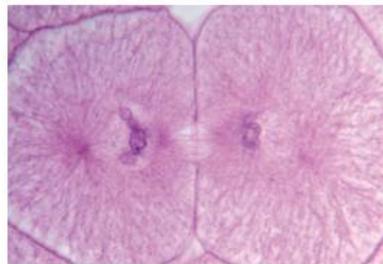
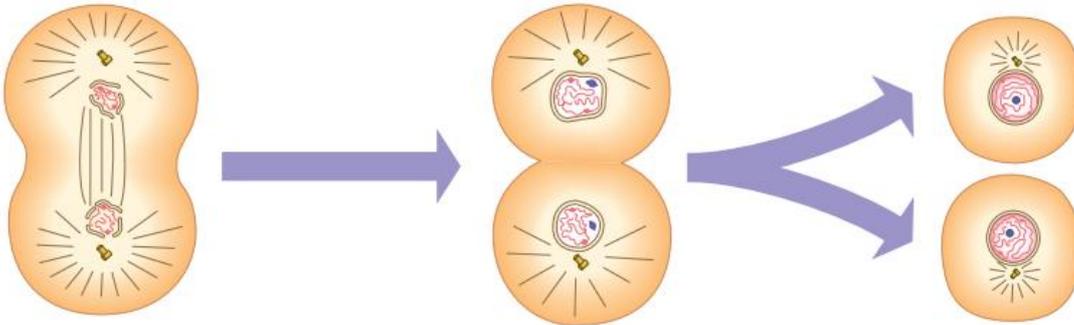


Fotos: Carolina Biological/Visuals Unlimited/Corbis/LatinStock

Célula no final da anáfase (imagem de microscopia óptica; aumento aproximado de 450 vezes; colorida artificialmente).

Na anáfase (do grego *aná*, para cima), ocorre a **separação das cromátides-irmãs**, como resultado da duplicação do centrômero e do movimento dos cromossomos para os polos opostos da célula. Esse movimento ocorre por encurtamento das fibras do fuso acromático. Separadas, as cromátides-irmãs passam a constituir cromossomos distintos (cromossomos-filhos), que iniciam sua descondensação ao chegar aos polos. Em cada polo, há um número de cromossomos (formados por um filamento) igual ao que havia na célula em que se iniciou a divisão.

4. Telófase



Célula em fase mais avançada da telófase (imagem de microscopia óptica; aumento aproximado de 500 vezes; colorida artificialmente).

Formando dois conjuntos geneticamente idênticos, um em cada polo, os cromossomos descondensam-se na telófase (do grego *télos*, fim, conclusão), reassumindo a aparência característica da interfase. Vesículas que se formaram na prófase, como resultado da fragmentação do envoltório nuclear, reorganizam-se em novos envoltórios nucleares ao redor dos conjuntos de cromossomos. Os nucléolos são reconstituídos de regiões específicas da cromatina. Desfazem-se as fibras dos ásteres e do fuso acromático; termina, assim, a **cariocinese** (ou divisão nuclear). O retículo endoplasmático e o complexo golgiense, que na prófase haviam se fragmentado em numerosas vesículas, reorganizam-se. Na região equatorial da célula, surge o **sulco de divisão**, devido à ação de proteínas que constituem um anel contrátil que leva à **citocinese** (divisão do citoplasma) e à formação das novas células.

O grau de condensação dos filamentos de cromatina (cromossomos) varia ao longo do ciclo celular (**figura 5**): descondensados na interfase, os filamentos permitem a transcrição, codificando a síntese de proteínas; condensados na mitose, são tracionados com menor risco de quebra, voltando a descondensar-se no final da divisão.

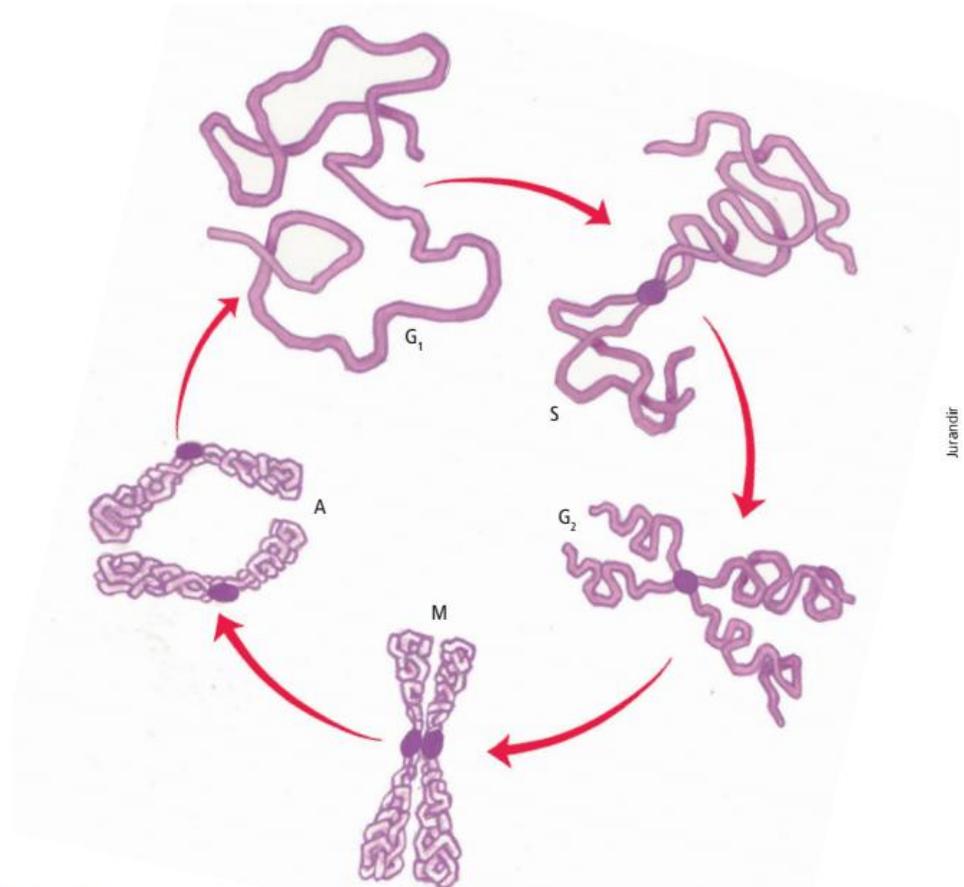


Figura 5. Aspecto dos filamentos de cromatina durante o ciclo celular. G₁, S e G₂ = os três períodos da interfase. M = metáfase; A = anáfase. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Variação da quantidade de DNA

A quantidade de lotes cromossômicos de uma célula — que pode ser haploide (n), diploide ($2n$), triploide ($3n$) — é chamada **ploidia**.

A mitose pode ocorrer em células com diferentes ploidias. Durante o ciclo celular, a quantidade de DNA da célula (duplicada no período S da interfase) varia, mas a quantidade de cromossomos não se altera. Portanto, se uma célula haploide sofre mitose, origina duas células-filhas haploides, enquanto uma célula diploide origina duas células diploides.

Na mitose, a divisão das cromátides-irmãs entre as novas células reduz pela metade a quantidade de DNA, restabelecendo, em cada célula-filha, a quantidade inicial existente na célula-mãe (**figura 6**).

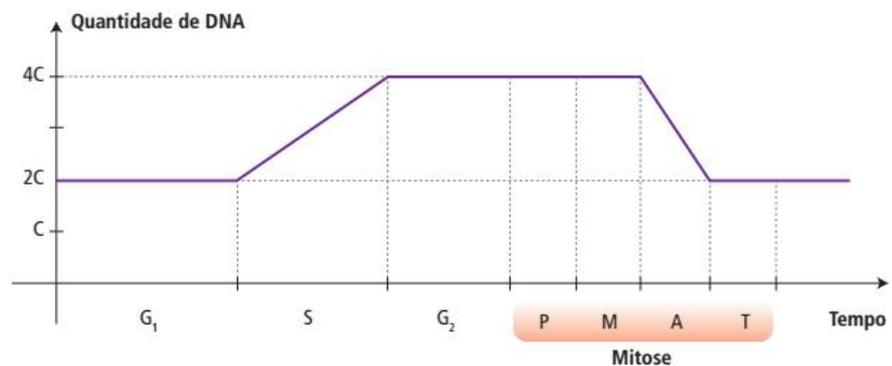


Figura 6. Variação da quantidade de DNA durante o ciclo celular de um organismo diploide. C representa a quantidade de DNA de um lote de cromossomos com um filamento cada um. G₁, S e G₂ são as etapas da interfase; P, M, A e T são as fases da mitose.

Mitose em células animais e em células vegetais

Nas células animais, a mitose é **astral**, pois existem centríolos e formam-se ásteres. Nas células de plantas com flores, a mitose é **anastral**, pois não há centríolos.

A célula animal sofre divisão por estrangulamento, o que se conhece como **citocinese centrípeta** (da periferia para o centro). Já a célula vegetal tem **citocinese centrífuga** (do centro para a periferia).

Na célula vegetal, que possui uma rígida parede celular, não ocorre estrangulamento: forma-se inicialmente um conjunto de vesículas originárias do complexo golgiense, que se distribuem pela região equatorial. À medida que se espalham do centro para a periferia, as vesículas fundem-se umas às outras, constituindo a **placa celular**, que divide a célula em duas (figura 7).

Na parede celular que se forma em seguida, podem persistir falhas (denominadas pontuações), através das quais **plasmodesmos** (pontes citoplasmáticas) estabelecem comunicação entre as células vizinhas. Os plasmodesmos atravessam os orifícios da parede celular e permitem a passagem livre de substâncias de uma célula para outra.

Habitualmente, os meses de outubro e novembro são dedicados a campanhas de prevenção dos cânceres de mama e próstata, respectivamente. Embora os alunos do Ensino Médio não pertençam aos grupos populacionais mais expostos a esse tipo de câncer, eles podem disseminar informações entre os familiares e vizinhos, ampliando o número de pessoas diagnosticadas precocemente. Podem ser desenvolvidos projetos de conscientização sobre tais doenças – por exemplo, com a confecção de cartazes com informações essenciais, para serem afixados na escola. Postos de saúde e UPAs podem fornecer dados locais e orientações sobre o autoexame da mama e a importância de ações preventivas para o câncer da próstata.

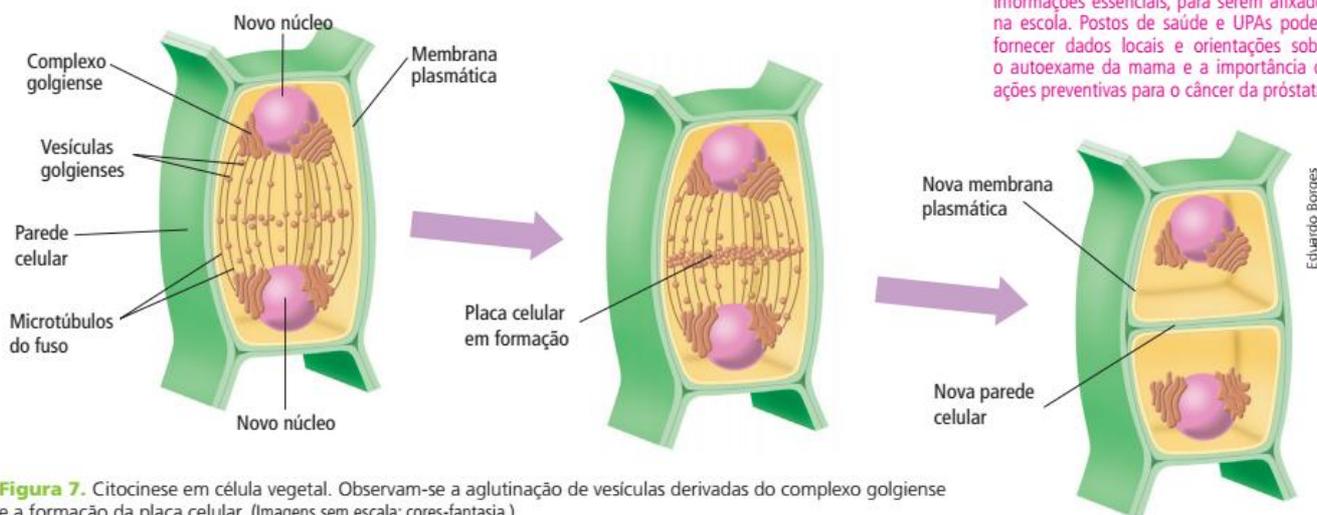


Figura 7. Citocinese em célula vegetal. Observam-se a aglutinação de vesículas derivadas do complexo golgiense e a formação da placa celular. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A notícia

Como funciona a quimioterapia?

Usada desde a década de 1940 no combate ao câncer, a quimioterapia é composta de um coquetel de medicamentos que busca impedir a proliferação rápida e desordenada das células doentes. Os remédios são aplicados em conjunto, pois cada um age numa etapa diferente do crescimento das estruturas cancerosas. O tratamento tem duração variável, dependendo do tipo de tumor, e pode ser administrado de várias formas, desde via oral até intravenosa. Seja como for, as drogas quimioterápicas são carregadas pelo sangue para todas as partes do corpo, combatendo as células do câncer [...].

O primeiro passo no combate ao câncer é a identificação de células que estejam se multiplicando rapidamente, comportamento típico das células cancerosas. As drogas quimioterápicas fazem esse reconhecimento por meio de agentes químicos que se ligam às estruturas responsáveis pela divisão celular. Identificado o invasor, entra em ação um grupo específico de quimioterápicos, os antibióticos — eles barram atividades vitais da célula cancerosa, como a respiração celular, levando-a à morte. Outro

grupo de remédios, chamados alquilantes, age diretamente no começo do processo de divisão celular [...]. Eles impedem a replicação do DNA da célula doente, o que geraria uma nova estrutura maligna. Se o DNA já se replicou, entram em cena os chamados inibidores mitóticos, quimioterápicos que ainda podem bloquear a divisão celular. Eles impedem que as metades dos cromossomos migrem em direção aos polos e constituam uma célula nova. Por outro flanco, os antimetabólitos atacam [...]. Eles imitam a estrutura de elementos da célula cancerosa, tomando o lugar da original. Só que eles não realizam a função da titular, sabotando a atividade celular do invasor, que é eliminado. [...] É esse ataque conjunto do coquetel de medicamentos que responde pelo sucesso da batalha, liquidando o temido tumor.

[...]

FUJITA, L. Como funciona a quimioterapia? **Mundo Estranho**, São Paulo: Abril Comunicações S. A., ed. 87, p. 36-37, 01 maio 2009. Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/como-funciona-a-quimioterapia>>. Acesso em: abr. 2016.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler a reportagem, faça o que se pede:

1. Qual é a vantagem do uso das drogas antitumorais em coquetel, e não isoladamente?
2. É frequente a queda de cabelos em pessoas que fazem quimioterapia. Pesquise por que a quimioterapia tem esse efeito colateral e produza um pequeno texto em seu caderno.

Meiose, divisão reducional

A meiose é uma **divisão reducional** (simbolizada por R!) que ocorre geralmente em células diploides ($2n$), originando **quatro** células haploides (n). Gera células reprodutivas — os **gametas** dos animais e os **esporos** dos fungos e dos vegetais.

A ocorrência da meiose e da fecundação em momentos alternados do ciclo de vida mantém constante o número de cromossomos característico de cada espécie. Da fusão dos gametas masculino (n) e feminino (n) surge o **zigoto** (ou célula-ovo), em que se restabelece o número diploide ($2n$) de cromossomos. A partir do zigoto, as demais células do novo indivíduo surgirão por mitose.

Podemos conjecturar que, se na formação dos gametas não houvesse a redução da quantidade de cromossomos à metade, esse número dobraria a cada geração. Por exemplo, se cada gameta humano tivesse 46 cromossomos, a fecundação produziria um zigoto com 92 cromossomos. Com a meiose, porém, o número de cromossomos das células humanas (23 pares) é reduzido à metade nos gametas, em que existe apenas um cromossomo de cada par.

Após uma **interfase** em cujo período S o DNA é duplicado (como na interfase pré-mitótica), ocorre meiose, na qual há duas divisões celulares consecutivas (**figura 8**).

Na **primeira divisão da meiose** (ou meiose I), separam-se os pares de cromossomos, formando-se duas células haploides, que apresentam um cromossomo de cada tipo, cada qual com duas cromátides-irmãs (cromossomos duplicados). Na **segunda divisão da meiose** (ou meiose II), separam-se as cromátides-irmãs e surgem quatro células, que permanecem haploides, mas dotadas de cromossomos com apenas um filamento (cromossomos simples).

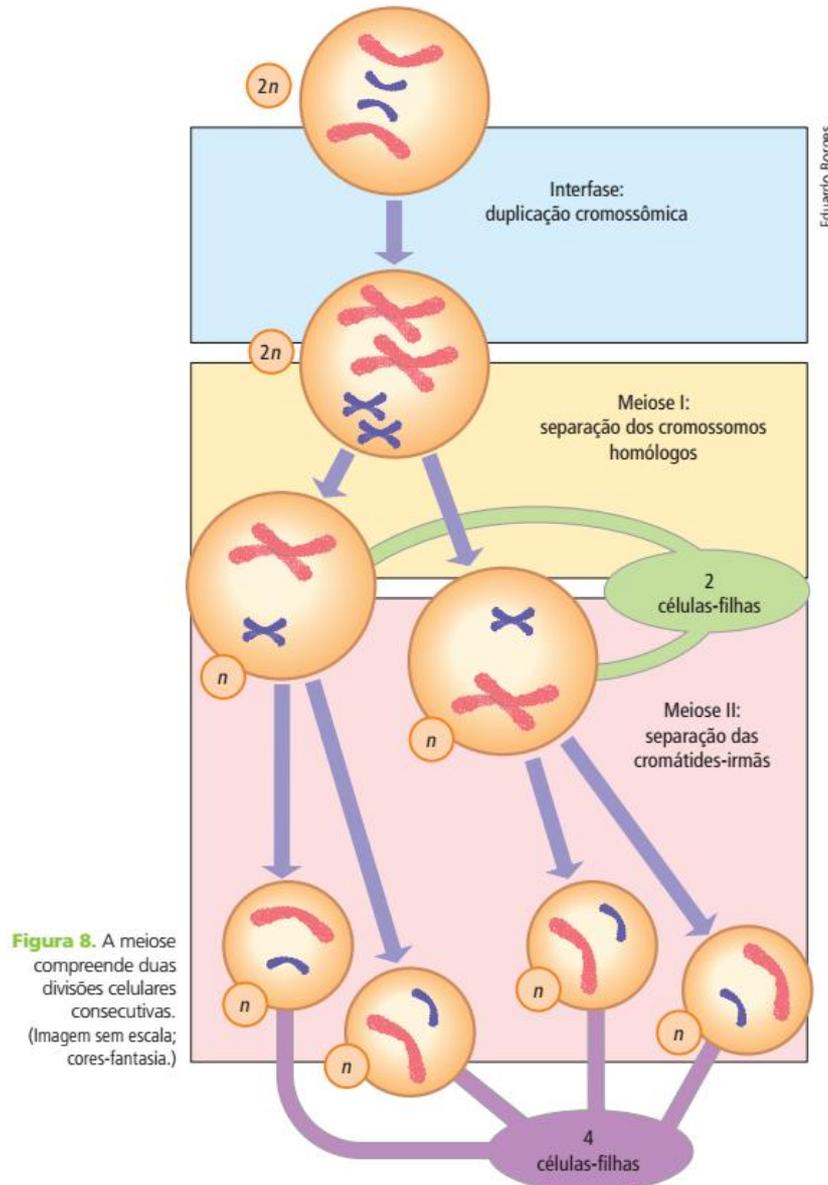


Figura 8. A meiose compreende duas divisões celulares consecutivas. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ Meiose I – separação de cromossomos homólogos

A primeira divisão da meiose ocorre em fases, como na mitose: prófase I, metáfase I, anáfase I e telófase I (figura 9). São eventos exclusivos da meiose o **pareamento** dos cromossomos homólogos e o **crossing-over** (ou **permutação**), na prófase I, e a **separação dos cromossomos homólogos**, na anáfase I.

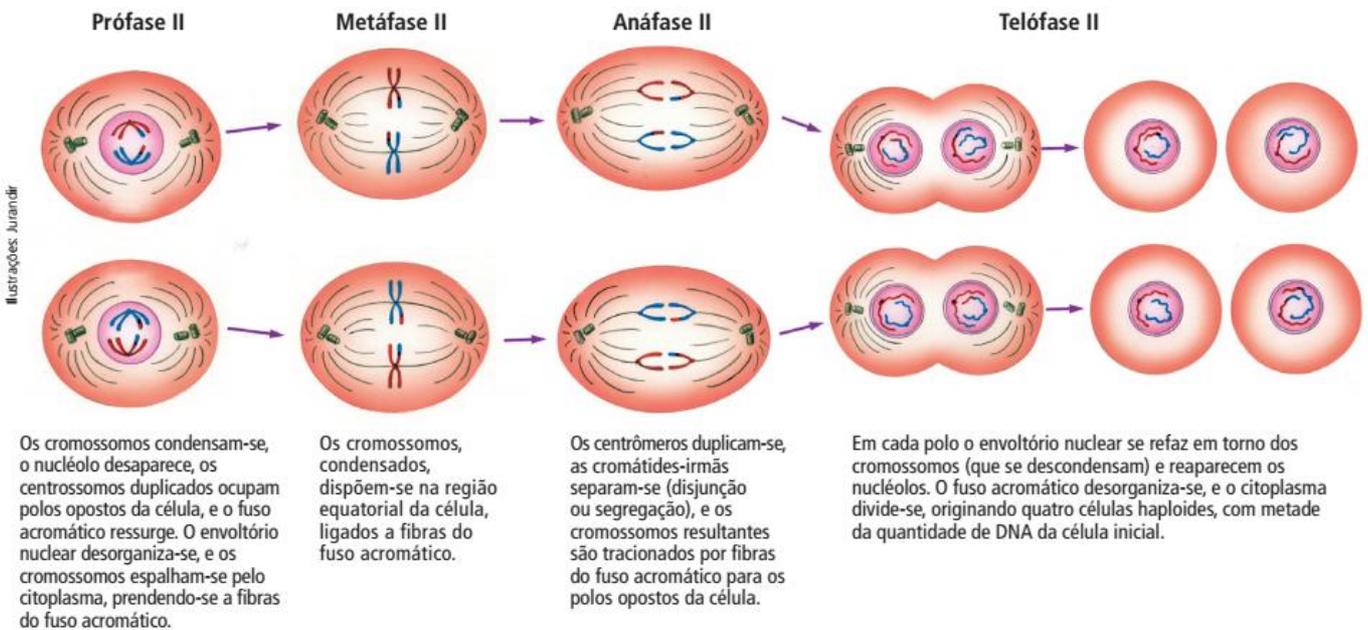
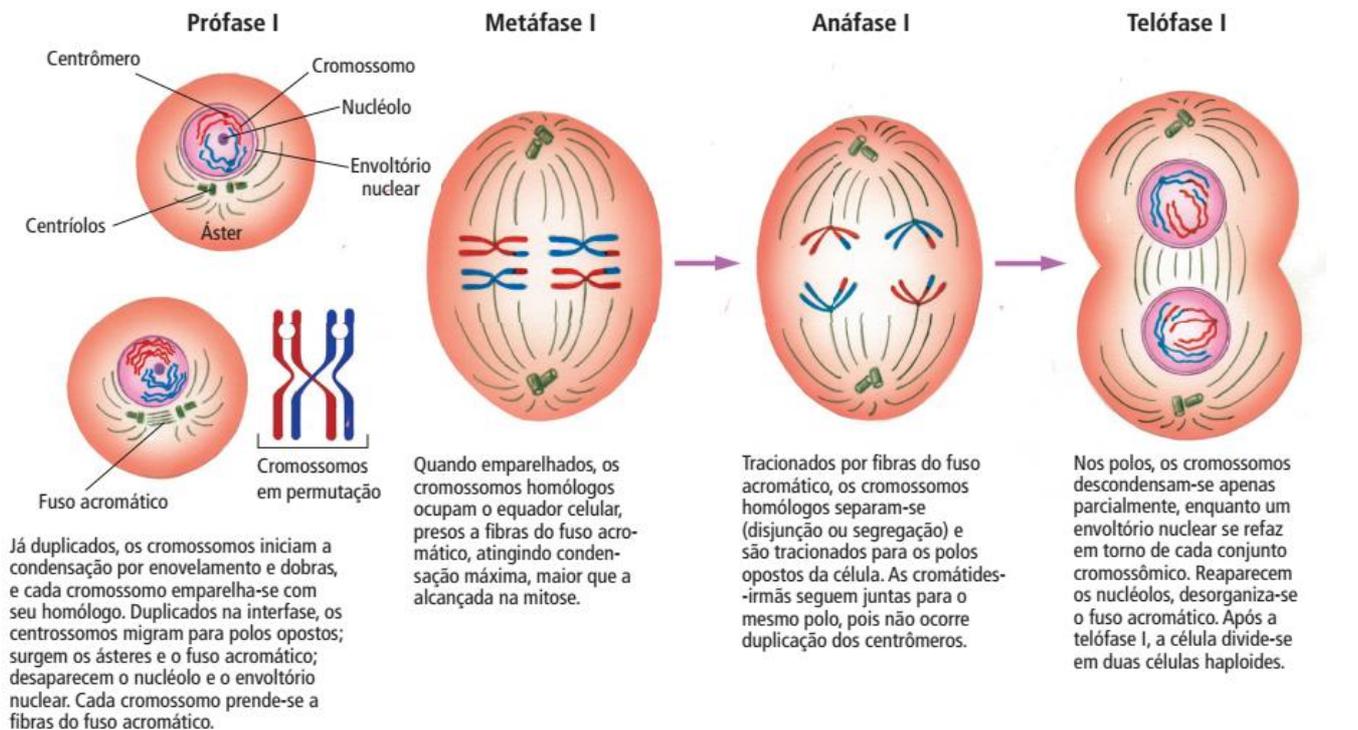


Figura 9. Fases da meiose, em uma célula animal com $2n = 4$ cromossomos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

▶ Durante a produção de gametas femininos em vertebrados, a meiose se interrompe temporariamente no final da prófase I. Os cromossomos se descondensam em alguns pontos, onde há intensa produção de RNA; ocorre aumento do citoplasma e acumulação de reservas nutritivas, fundamental para o desenvolvimento do embrião que pode se formar desse gameta. A meiose só se completa se o gameta feminino for fecundado.

► Variação da quantidade de DNA

A meiose caracteriza-se pela **redução à metade**, nas quatro células que surgem, da quantidade de cromossomos e de DNA da célula-mãe (**figura 10**). Isso se deve à separação dos cromossomos homólogos (ocorrida na meiose I), que promove a redução da quantidade de cromossomos e também de DNA, que havia sido duplicada na interfase, e à separação das cromátides-irmãs (na segunda divisão da meiose), que reduz apenas a quantidade de DNA, e não a de cromossomos.

A separação cromossômica que ocorre na anáfase recebe o nome de **disjunção** (ou **segregação**). Na anáfase I, separam-se os componentes de cada par de cromossomos homólogos; na anáfase II e na anáfase mitótica, separam-se as cromátides-irmãs de cada cromossomo.

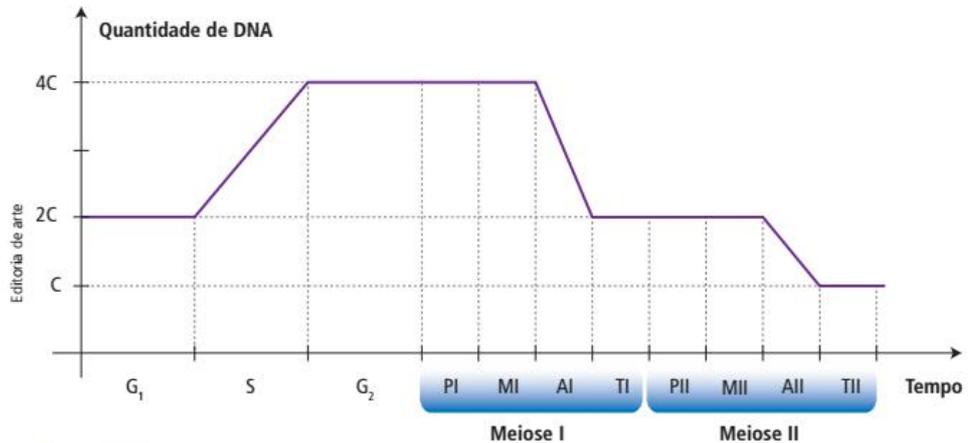


Figura 10. Variação da quantidade de DNA durante a meiose. P, M, A e T indicam, respectivamente, prófase, metáfase, anáfase e telófase.

Nem todos os pares de cromossomos homólogos sofrem permutação durante a meiose. Na formação de um gameta humano, por exemplo, geralmente apenas 2 ou 3 pares de homólogos (dos 23 pares que caracterizam a espécie) trocam fragmentos.

► Permutação ou *crossing-over*

A troca de fragmentos entre as cromátides internas dos diferentes cromossomos de um mesmo par de homólogos (chamadas cromátides não irmãs) é um fenômeno completamente casual e aleatório, relacionado com o aumento da variabilidade genética das células resultantes da divisão, as quais, nos animais, são os gametas.

Por causa do *crossing-over* (**figura 11**), genes situados em diferentes cromossomos e que migrariam para células distintas ficam no mesmo cromossomo e migram juntos para a mesma célula. O inverso também ocorre: genes localizados no mesmo cromossomo podem se separar devido ao *crossing-over* e migrar para células distintas. Isso aumenta a variedade de tipos de gameta produzidos e contribui para ampliar a variabilidade genética da espécie.

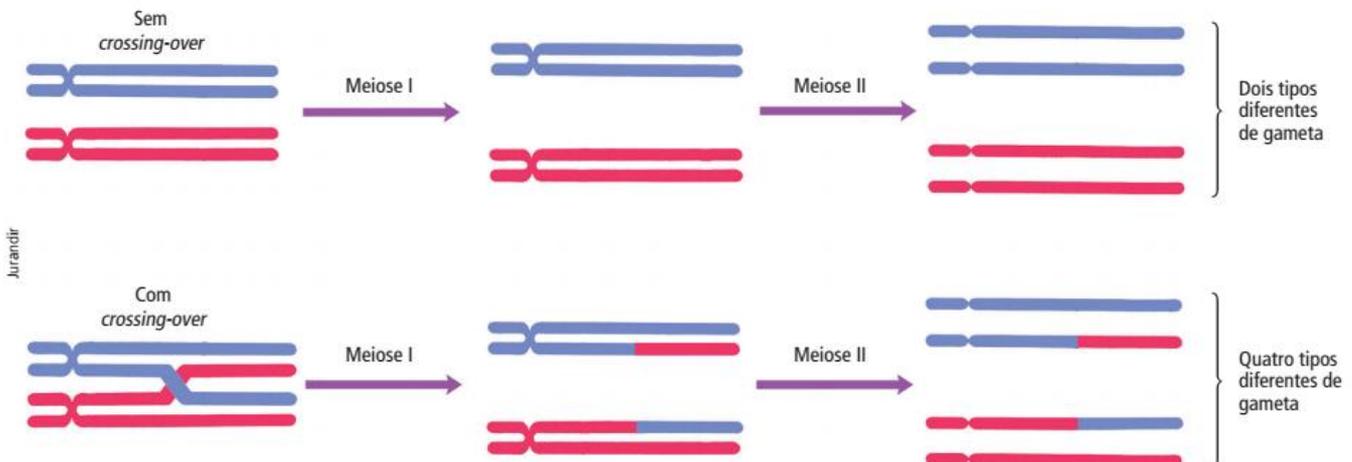


Figura 11. A ocorrência do *crossing-over* aumenta a variedade de tipos de gameta produzidos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Principais diferenças entre mitose e meiose

Eduardo Borges

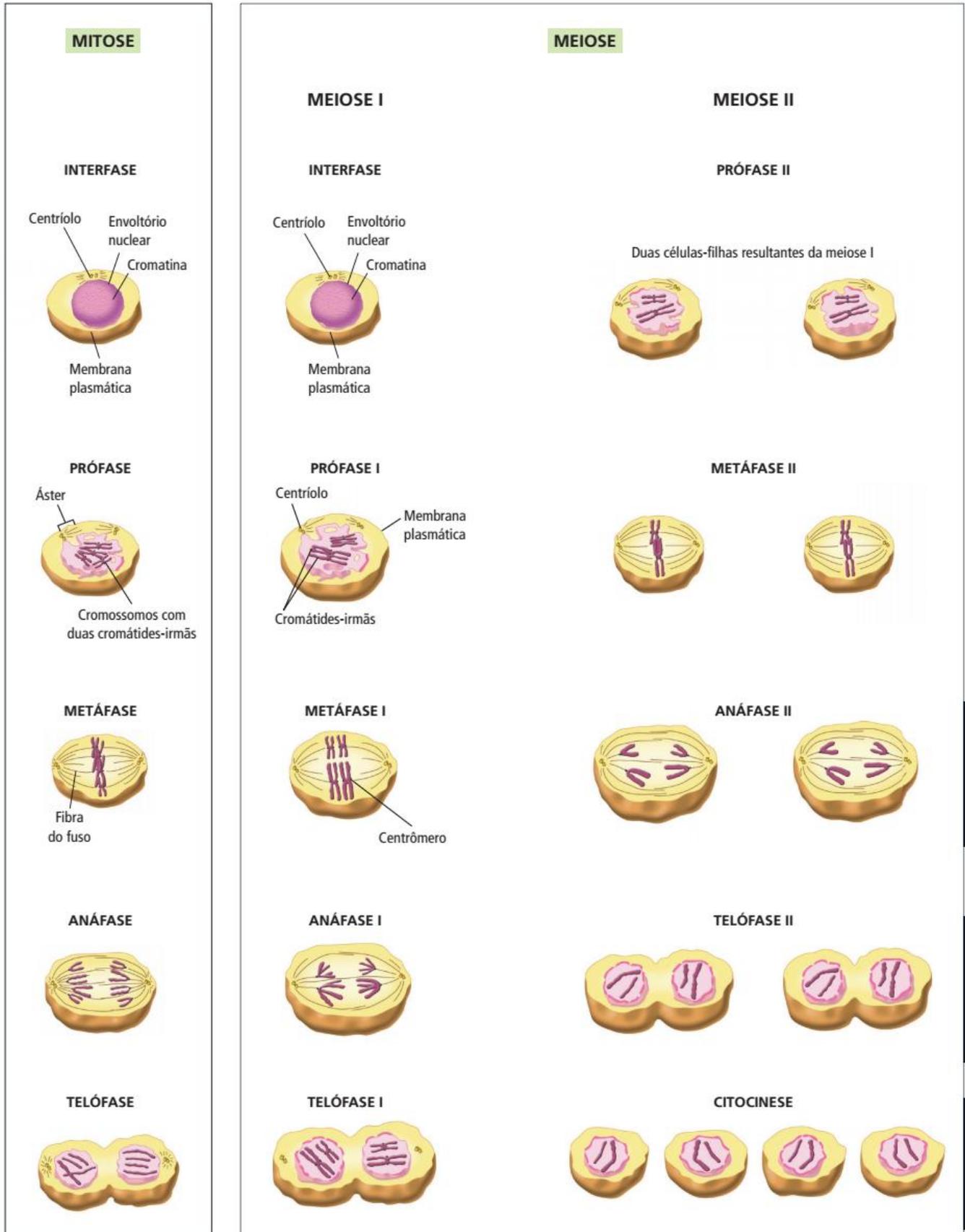


Figura 12. Comparação entre mitose e meiose em uma célula com $2n = 4$ cromossomos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Erros na formação de gametas

Em uma meiose normal, os cromossomos homólogos de todos os pares separam-se durante a anáfase I. Nas células humanas, por exemplo, todos os 23 pares de cromossomos sofrem disjunção, de tal forma que as células resultantes da meiose possuem 23 cromossomos cada uma, sendo um cromossomo de cada par.

Certos defeitos cromossômicos estão associados a erros que podem ocorrer durante a meiose, particularmente pela não

separação de determinado par de cromossomos homólogos, fenômeno conhecido por **não disjunção**.

Embora geralmente a não disjunção aconteça na anáfase I pela não separação dos cromossomos homólogos de um certo par, também pode ocorrer na anáfase II, como resultado da não separação das duas cromátides-irmãs de um cromossomo (**figura 13**). Em um caso ou no outro, a consequência será a formação de gametas anormais, contendo cromossomos a mais ou a menos.

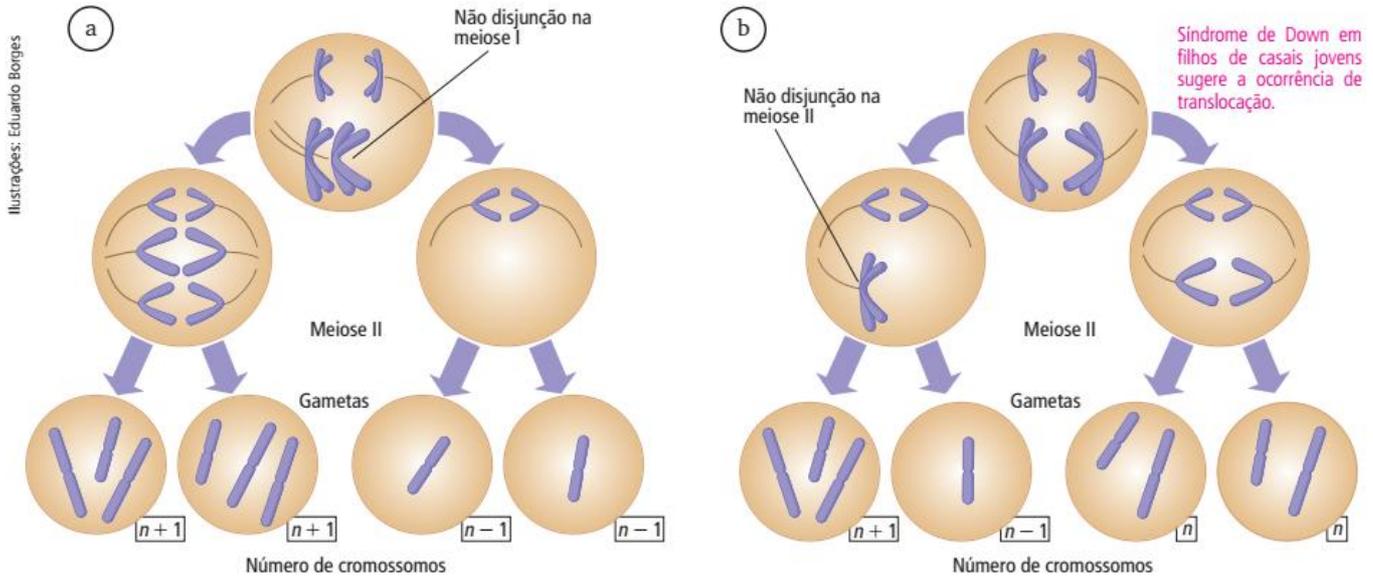


Figura 13. A não disjunção cromossômica pode ocorrer (a) na meiose I ou (b) na meiose II. No primeiro caso, todos os gametas apresentarão número anômalo de cromossomos; no segundo, serão anormais apenas os gametas resultantes da célula em que a não disjunção ocorreu. (Imagens sem escala; cores-fantasia).
Esse pode ser um momento interessante para discutir, com o auxílio de outros colegas, como os professores de Educação Física e de Sociologia, tópicos associados ao preconceito e à inclusão, que envolvem, por exemplo, pessoas com síndrome de Down.

Se os gametas anormais fecundarem os normais ou forem fecundados por estes, o zigoto resultante terá uma quantidade anômala de cromossomos (excesso ou falta) (**figura 14**). Essas alterações podem trazer tantas e tão sérias anomalias ao embrião que, na maioria dos casos, tornam inviável seu desenvolvimento ou sua sobrevivência prolongada após o nascimento.

Algumas dessas alterações cromossômicas acarretam problemas que, mesmo graves, podem não ser incompatíveis com o desenvolvimento embrionário. A mais comum dessas alterações cromossômicas é a **síndrome de Down**, decorrente de um

cromossomo extra no 21º par dos cromossomos humanos. Crianças com essa síndrome apresentam, em geral, retardo do desenvolvimento mental e físico, face achatada, fendas palpebrais oblíquas, membros curtos, boca geralmente entreaberta, má-formações cardíacas, entre outras características. Apesar desses problemas, a expectativa de vida das pessoas com síndrome de Down vem aumentando muito rapidamente, já tendo ultrapassado os 60 anos. Com estímulos e cuidados adequados, as pessoas com síndrome de Down podem desenvolver autonomia e participar ativamente da sociedade, estudando e trabalhando.

A maior frequência da síndrome de Down em relação a outras alterações cromossômicas reflete a menor gravidade das manifestações. Outras doenças citogenéticas em geral são tão graves que acarretam a morte do embrião, e a gestação raramente avança além de poucas semanas.

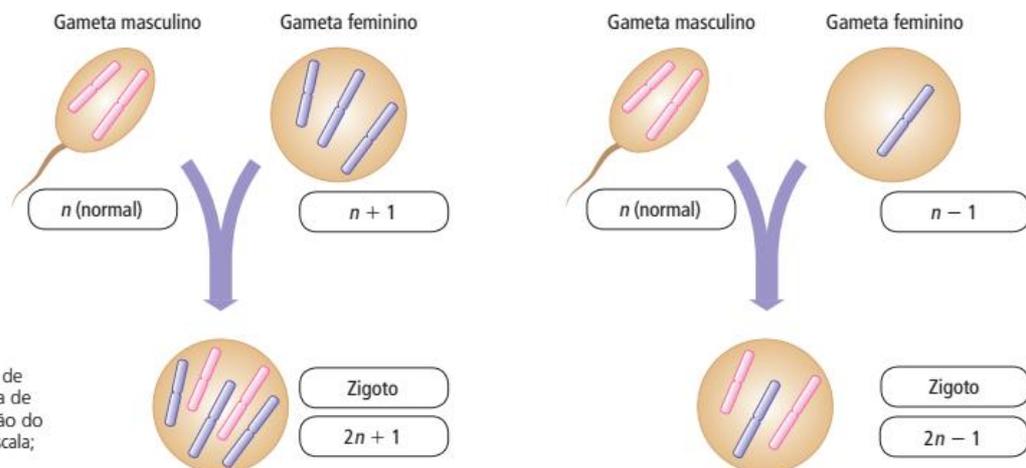
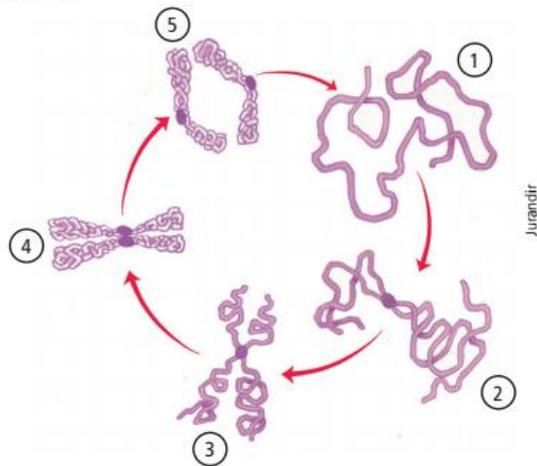


Figura 14. Possíveis resultados de fecundação depois da ocorrência de não disjunção durante a formação do gameta feminino. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

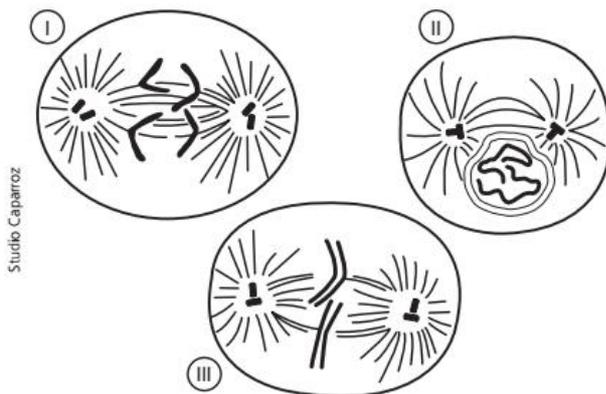
1. (Unicamp-SP) Platão (427-347 a.C.) escreveu o seguinte em **O Simpósio**: “[...] diz-se que um homem é o mesmo, no entanto, durante o curto intervalo que separa a juventude da velhice, no qual se considera que cada animal tem vida e identidade, passa ele por um processo perpétuo de perda e reparação: os cabelos, a carne, os ossos, o sangue e todo o corpo estão sempre mudando”. Interprete a frase e justifique-a do ponto de vista dos conhecimentos sobre divisão celular.

2. A figura mostra o aspecto de um cromossomo durante o ciclo celular.



- Identifique os momentos do ciclo celular numerados de 1 a 5. Justifique suas respostas.
- Elabore uma hipótese válida que explique a importância de o cromossomo se descondensar na intérfase e se condensar durante a divisão celular.

3. Os esquemas I, II e III representam diferentes estágios da mitose:

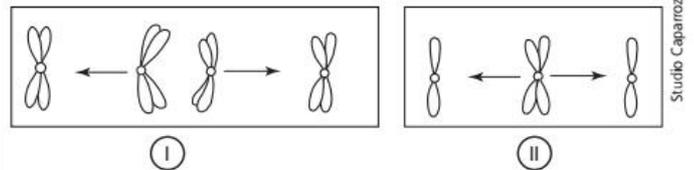


- Indique a ordem de ocorrência e o nome de cada fase representada.
 - Em seu caderno, faça um esquema representando uma célula resultante dessa mitose.
4. A mitose ocorre tanto em células animais quanto em vegetais, mas com algumas diferenças.
- Cite algumas delas.
 - Uma dessas diferenças ocorre pela ausência de quais estruturas nas células vegetais?

5. A mitose e a meiose apresentam eventos semelhantes que caracterizam as diversas fases durante o processo de divisão celular, mas há algumas diferenças importantes entre elas.

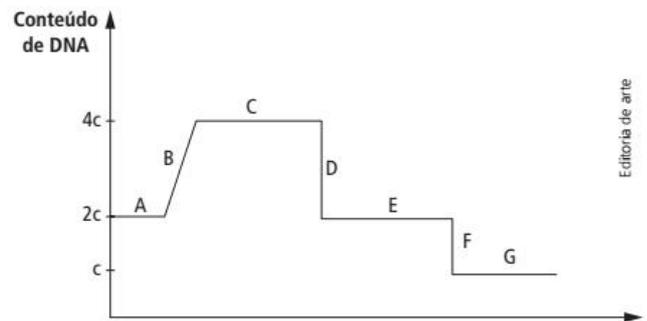
- Cite duas características que diferenciem esses processos.
- Durante a formação dos gametas, qual a importância da meiose?

6. Nos esquemas abaixo, são mostradas separações cromossômicas que ocorrem na anáfase das divisões celulares.



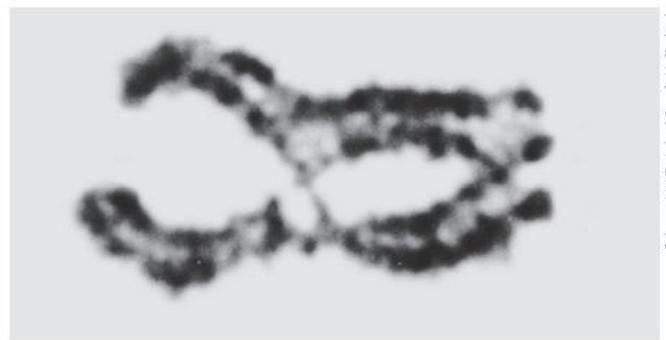
- Em que etapas de divisão celular ocorre o evento ilustrado em I?
- Em que etapas de divisão celular ocorre o processo ilustrado em II?

7. (Unicamp-SP) Analise o gráfico, que representa a variação do teor de DNA ao longo de um processo de divisão celular.



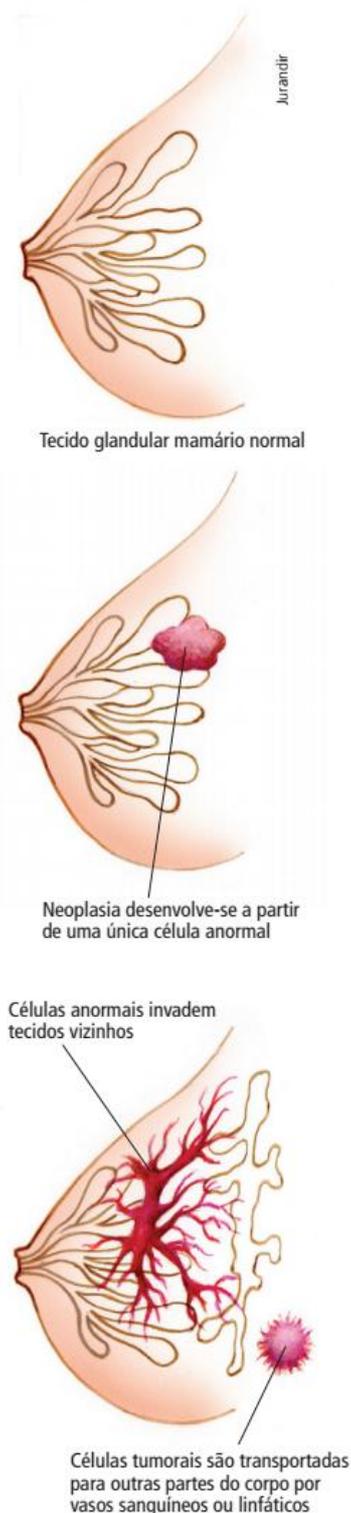
- Explique qual o processo de divisão no ciclo celular representado pelo gráfico acima.
- Quais fases estão representadas por cada uma das letras A, B, C, D e F?
- Qual o principal evento que ocorre em cada uma das fases representadas pelas letras B, D e F?

8. (Unicamp-SP) Analise a seguinte figura de cromossomos:



- Que fenômeno celular está sendo mostrado na figura?
- Em que tipo de divisão celular ocorre esse fenômeno? Por quê?
- Qual é a importância desse fenômeno para os seres vivos?

Estágios do desenvolvimento de uma neoplasia maligna de mama



Fonte: REECE, J. B.; TAYLOR, M. R.; SIMON, E. J. *Campbell Biology: Concepts & Connections*. New York: Pearson, 2015.

(Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Perspectivas no tratamento e prevenção do câncer

Um temor que ronda a vida das pessoas é a formação de **neoplasias** (ou tumores), que representam uma causa relativamente frequente de óbitos.

Em geral, uma neoplasia tem início quando células até então saudáveis deixam de responder aos controles normais de suas divisões e passam a se dividir descontroladamente. Habitualmente, o sistema de defesa do organismo reconhece e destrói essas células anormais; porém, se elas escapam da vigilância imunológica, passam a proliferar e formam uma massa tumoral que cresce dentro do órgão onde se originou. Se a massa tumoral permanece confinada ao local de origem, constitui uma **neoplasia benigna**, que pode ser tratada com sucesso, pois suas consequências, em geral, não são graves.

As **neoplasias malignas** (tumores malignos ou cânceres) são invasivas, destroem a estrutura normal do órgão em que se originam, invadem estruturas vizinhas e podem emitir células anormais para outras regiões do corpo pela corrente sanguínea ou pelos vasos linfáticos. Se essas células se instalarem em locais fora de sua origem e começarem a proliferar, vão originar as **metástases** (ou tumores secundários).

O câncer mata principalmente porque, em seu crescimento descontrolado, consome energia e nutrientes; com isso, a pessoa perde peso e pode sofrer falência metabólica. Além disso, é comum ocorrer invasão de estruturas vitais, como os pulmões, impedindo que o indivíduo respire normalmente. No cérebro, a compressão de estruturas vitais também pode ocasionar o óbito. Tumores em superfícies (na pele ou em órgãos internos) sangram e podem matar por hemorragia.

Os principais fatores determinantes das neoplasias malignas são ambientais. De todas as mortes por câncer, mais de 35% podem ser evitadas se as pessoas não fumarem. Outros 35% relacionam-se com hábitos alimentares inadequados: o consumo de bebidas alcoólicas relaciona-se com câncer de boca, faringe e esôfago; gorduras em excesso na dieta aumentam o risco de câncer de intestino e de mama. Por outro lado, o consumo adequado de vitaminas A e E, com poder antioxidante, tem efeito protetor. As fibras alimentares (presentes em verduras, grãos e frutas) também têm ação preventiva, sobretudo em relação a tumores do sistema digestório.

O principal fator determinante do câncer de pele é a exposição excessiva ao Sol, que pode ser minimizada adotando-se cuidados como evitar os horários de maior incidência de radiação UV (entre 10h e 15h), usar bonés e roupas apropriadas e filtros solares.

Outras radiações também são carcinogênicas. Os raios X, por exemplo, mesmo em pequenas doses, podem causar leucemia e câncer da glândula tireoide ou de mama.

A exposição a agentes químicos (em indústrias químicas, metalúrgicas ou têxteis) também pode ser fonte de risco. Quem trabalha em contato com substâncias carcinogênicas deve proteger-se com roupas e máscaras apropriadas, óculos etc.

A maioria dos tipos de câncer ocorre em idosos, mas há casos de câncer mesmo em crianças (como o retinoblastoma). Todavia, é certo que o risco aumenta com a idade; portanto, quanto maior a expectativa de vida, maior deve ser a incidência do câncer na população.

No Brasil, excetuando-se as mortes violentas, o câncer é a segunda causa de óbitos (atrás apenas das doenças cardiovasculares). No país como um todo, as neoplasias malignas mais comuns são as de pulmão e de estômago. Entre os homens, destaca-se o câncer de próstata; entre as mulheres, o câncer de mama e o de colo uterino.

Atualmente, muitas formas de câncer têm tratamento, por meio de cirurgia, radiações (radioterapia), estímulo à produção de anticorpos específicos (imunoterapia), medicamentos (quimioterapia) ou associações de mais de um método. Nas duas últimas décadas têm sido descobertas ou desenvolvidas substâncias que estão alterando significativamente o tratamento dessas doenças. Certas drogas antitumorais, como a angiostatina e a endostatina, bloqueiam a formação de vasos sanguíneos no interior dos tumores, que, sem nutrientes e oxigênio, regredem.

O texto a seguir, elaborado pela equipe do Instituto Nacional do Câncer (Inca), traz outras informações relevantes.

Prevenção e fatores de risco

O termo **risco** é usado para definir a chance de uma pessoa sadia, exposta a determinados fatores, ambientais ou hereditários, adquirir uma doença. Os fatores associados ao aumento do risco de se desenvolver uma doença são chamados fatores de risco. Em contrapartida, há fatores que dão ao organismo a capacidade de se proteger contra determinada doença, daí serem chamados fatores de proteção.

Dois pontos devem ser enfatizados em relação aos fatores de risco: primeiro, que o mesmo fator pode ser de risco para várias doenças (por exemplo, o tabagismo, que é fator de risco para diversos cânceres e doenças cardiovasculares e respiratórias); segundo, que vários fatores de risco podem estar envolvidos na origem (gênese) de uma mesma doença (agentes causais múltiplos). O estudo dos fatores de risco, isolados ou combinados, tem permitido estabelecer relações de causa-efeito entre eles e determinados tipos de câncer.

A multicausalidade é frequente na formação do câncer (carcinogênese). Pode ser exemplificada pela associação entre álcool, tabaco e residência na zona rural e o câncer de esôfago, e entre álcool, tabaco, chimarrão, churrasco e o cozimento de alimentos em fogão a lenha e o câncer da cavidade bucal. A interação entre os fatores de risco e os de proteção a que as pessoas estão submetidas pode resultar, ou não, na redução da probabilidade delas adoecerem. Nestas associações, os fatores de proteção determinados foram, respectivamente, o consumo de frutas cítricas e vegetais ricos em caroteno.

Nem sempre a relação entre a exposição a um ou mais fatores de risco e o desenvolvimento de uma doença é reconhecível facilmente, especialmente quando se presume que a relação se dê com comportamentos sociais comuns (o tipo de alimentação, por exemplo). Nas doenças crônicas, as primeiras manifestações podem surgir após muitos anos de exposição única (radiações ionizantes, por exemplo) ou contínua (radiação solar ou tabagismo, por exemplo) aos fatores de risco. Por isso, é importante considerar o conceito de período de latência, isto é, o tempo decorrido entre a exposição ao fator de risco e o surgimento da doença.

Os fatores de risco podem ser encontrados no ambiente físico, ser herdados ou representar hábitos ou costumes próprios de um determinado ambiente social e cultural.

- **Fatores de risco de natureza ambiental.** A maioria dos casos de câncer (80%) está relacionada ao meio ambiente, no qual encontramos um grande número de fatores de risco. Entende-se por ambiente o meio em geral (água, terra e ar), o ambiente ocupacional (indústrias químicas e afins), o ambiente de consumo (alimentos, medicamentos), o ambiente social e cultural (estilo e hábitos de vida).

As mudanças provocadas no meio ambiente pelo próprio homem, os "hábitos" e o "estilo de vida" adotados pelas pessoas podem determinar diferentes tipos de câncer.

Informações vêm sendo divulgadas pela internet questionando o potencial carcinogênico de certas substâncias. Normalmente, esses relatos surgem sem referências científicas e utilizam remetente desconhecido.

- **Hereditariedade.** São raros os casos de cânceres que se devem exclusivamente a fatores hereditários, familiares e étnicos, apesar de o fator genético exercer um importante papel na oncogênese. Um exemplo são os indivíduos portadores de retinoblastoma que, em 10% dos casos, apresentam história familiar deste tumor.

Alguns tipos de câncer de mama, estômago e intestino parecem ter um forte componente familiar, embora não se possa afastar a hipótese de exposição dos membros da família a uma causa comum. Determinados grupos étnicos parecem estar protegidos de certos tipos de câncer: a leucemia linfocítica é rara em orientais, e o sarcoma de Ewing é muito raro em negros.

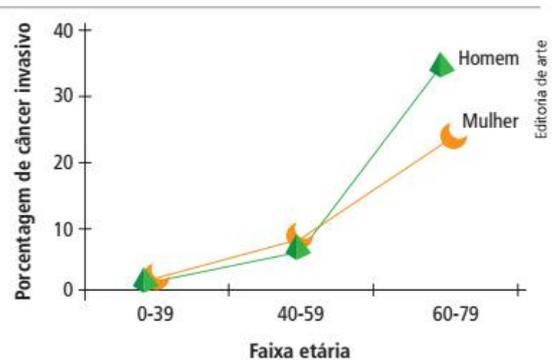
Instituto Nacional do Câncer (Inca).

Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=13>. Acesso em: jan. 2016.

Depois da leitura dos textos, faça o que se pede:

Escreva
no caderno

1. Em nosso cotidiano, estamos expostos a diversos agentes lesivos. Relacione os fatores ambientais que podem ocasionar câncer, citando formas adequadas de prevenção.
2. Embora possa ter base genética, o câncer nem sempre se manifesta. Explique essa afirmativa.
3. (UFMG) Analise o gráfico ao lado.
 - a) Dê um título ao gráfico.
 - b) Formule uma hipótese que explique a maior incidência de câncer na terceira idade.



Fonte: Adaptado de The age of cancer. *Nature*, 9 nov. 2000, p. 248.

Reprodução

Bases citológicas



Família, famílias...

[...] Família! Família!
 Papai, mamãe, tia
 Família! Família!
 [...]
 Mas quando a filha

Quer fugir de casa
 Precisa descolar um ganha-pão
 Filha de família se não casa
 Papai, mamãe
 Não dão nem um tostão [...]

ANTUNES, A.; BELLOTTO, T. Família. Intérprete: Titãs. In: —. **Cabeça dinossauro** © Warner Chappell Edições Musicais/ © Universal Music Publishing/© Rosa Celeste Emp. Artísticos.

A leitura do texto de abertura pode propiciar um momento de discussão sobre preconceitos. Investigue os modelos de estrutura familiar existentes na comunidade em que a escola está inserida. É fundamental criar uma atmosfera de respeito e acolhimento, para que os alunos se sintam dispostos a expor opiniões. Faça intervenções no sentido de estimular a tolerância e a compreensão. Se possível, trabalhe com o professor de Sociologia as mudanças ocorridas nos últimos tempos. Que mudanças culturais, sociais e econômicas alteraram os formatos de família? A sociedade tornou-se mais tolerante em relação a divórcios ou uniões estáveis?

No portal do IBGE podem ser encontradas diversas informações referentes à estrutura familiar no Brasil. Disponível em: <<http://tub.im/kdp2qw>>. Acesso em: jan. 2016.

O que é uma família? Qual é a imagem que você faz de uma família? É essa a família que predomina na sociedade brasileira? Demograficamente, família é definida como o conjunto de pessoas ligadas por laços de parentesco, por normas de convivência e por dependência financeira e/ou material, residentes em uma mesma casa.

Tanto no imaginário coletivo como nas estatísticas, ainda predomina a visão da chamada “família tradicional”, formada por

um homem, uma mulher e seus filhos. Persiste muito significativo o papel da família na estruturação da sociedade, e ainda é o orçamento familiar (soma das rendas de seus membros) que permite a cada componente satisfazer as próprias necessidades materiais. É por isso que a renda familiar *per capita* continua sendo um indicador do perfil socioeconômico da população.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a família brasileira está se modificando e diminuindo.



O conceito de família ampliou-se nas últimas décadas, em decorrência de mudanças sociais, culturais e econômicas, e também em virtude das novas tecnologias reprodutivas.

Uma discussão sobre a adoção por casais homoafetivos pode ser subsidiada pelo texto **Adoção por homossexuais: uma nova configuração familiar sob os olhares da psicologia e do direito**, publicado na revista *Aletheia*, n. 4, dez. 2006. Disponível em: <<http://tub.im/q4x4et>>. Acesso em: jan. 2016.

Em duas décadas (de 1985 a 2005), a quantidade média de membros por núcleo familiar passou de 4,3 pessoas para 3,3 pessoas, e aumentou em 35% a quantidade de famílias monoparentais comandadas por mulheres (ou seja, lares formados por mulher e filhos, sem cônjuge).

As maneiras como as famílias se constituem ou se dissolvem estão mudando rapidamente, e os limites familiares tornam-se menos rígidos. O casamento, por si, assume papel menos determinante na constituição da família e na vida das pessoas, diferentemente do que vigorava até poucas décadas atrás, quando fazia parte de um roteiro mais ou menos preconcebido qualquer pessoa “casar e constituir uma família”, que assumia um formato padronizado, com um homem no papel de “chefe de família”, uma mulher (esposa e mãe) e os filhos.

Hoje, tornam-se cada vez mais comuns as uniões consensuais (ou seja, “sem papel passado”), bem como os arranjos familiares resultantes da união entre pessoas separadas e as uniões afetivas entre pessoas do mesmo sexo.

Perante a lei, todos esses arranjos vão adquirindo *status* de união estável. O Código Civil Brasileiro aceita apenas o casamento entre um homem e uma mulher; porém, é cada vez mais ampla a aceitação de outras formas de união, garantindo aos casais homoafetivos, por exemplo, o direito à partilha dos bens e aos benefícios da Previdência Social.

Neste contexto, a moderna biotecnologia assume cada vez mais importância, e situações inimagináveis até pouco tempo tornam-se corriqueiras. Técnicas de fertilização *in vitro* permitem que homens ou mulheres decidam ter filhos, independentemente da presença de um parceiro de outro sexo. Casais homoafetivos podem buscar maneiras menos usuais de concepção (por exemplo, a fertilização do gameta feminino e a implantação do embrião no útero da parceira).

Estamos diante de questões desafiadoras, tanto do ponto de vista biológico como social, moral e ético. Sobre essas questões, toda a sociedade deve ser chamada a opinar.

Reprodução e variabilidade



LauraD/Shutterstock.com



Cassandra Cury/Pulsar

Figura 1. (a) Entre os poríferos gerados por brotamento existe identidade genética, assim como (b) entre as plantas de cana-de-açúcar plantadas por mudas.

Os seres vivos passam por um período vital compreendido entre o nascimento e a morte. Durante esse período, desenvolvem estratégias de **reprodução**, uma das propriedades inerentes à vida. A reprodução, ou capacidade de gerar descendentes, é fundamental para a manutenção da vida e está presente em todos os tipos de seres vivos.

O principal vínculo entre gerações consecutivas é o **material genético** que uma transfere para a outra pela reprodução. Em cada geração, a **seleção natural** seleciona formas de vida adaptadas, aptas a sobreviver e a gerar descendentes também capazes de sobreviver.

A reprodução pode ocorrer basicamente de duas maneiras: assexuada e sexuada.

A **reprodução assexuada** (ou reprodução vegetativa) gera grande quantidade de descendentes em tempo relativamente pequeno. Ocorre, por exemplo, nos poríferos (ou esponjas), que podem se reproduzir por brotamento (**figura 1a**): células do corpo dividem-se e formam um broto que se desenvolve e pode se desprender, originando um novo indivíduo. Todos os descendentes originados por brotamento a partir de um indivíduo são cópias e apresentam as mesmas informações genéticas. Não há diversidade, e os descendentes são clones do genitor; portanto, a variabilidade genética é reduzida.

Reprodução assexuada também ocorre durante a plantação de um canavial (**figura 1b**): caules selecionados são cortados em seções chamadas mudas, que são colocadas em sulcos no solo e cobertas com terra. De cada muda surgem plantas geneticamente iguais entre si. O resultado quase sempre é previsível; por isso, os agricultores optam por variedades conhecidas de cana-de-açúcar, pois sabem que todas as plantas do canavial terão as características desejadas. Tanto o desenvolvimento do broto do porífero como o da nova planta de cana-de-açúcar ocorrem por mitose de células do genitor.

A **reprodução sexuada** é mais complexa, demorada e geralmente resulta em menor quantidade de descendentes que a reprodução assexuada; contudo, aumenta a diversidade da espécie e favorece a adaptação em ambientes que passam por constante mudança.

Geralmente, a reprodução sexuada envolve dois eventos: a produção de **gametas** — células especializadas que contêm metade das informações genéticas próprias da espécie (embora certos microrganismos realizem transferências genéticas diretas, sem a participação de gametas) — e a **fecundação** — união de dois gametas.

Nesse tipo de reprodução, ocorre variabilidade genética, porque:

- um mesmo indivíduo gera gametas diferentes entre si;
- para a formação de um indivíduo, há necessidade de dois gametas, um masculino e um feminino, os quais geralmente surgem de genitores diferentes (excetuando-se os organismos que produzem gametas feminino e masculino. Os organismos hermafroditas também podem realizar fecundação cruzada.);
- sendo geneticamente diferentes, os dois genitores formam gametas distintos, e a constituição genética de cada zigoto é uma combinação única de material genético.

Fungos filamentosos constituem uma exceção, quanto à denominação dos gametas. Seus dois tipos de gametas não são designados por "masculino" e "feminino", mas por (+) e (-).

A diversificação dentro da espécie (**figura 2**) é o que se chama variabilidade genética intraespecífica e decorre do fato de cada descendente receber material genético diferente dos demais. Além disso, soma-se a possibilidade de ocorrerem mutações, geradoras de novas características.



As condições ambientais (incidência de luz solar, temperatura, chuvas, oferta de alimentos etc.) alteram-se. Por isso, as características favoráveis (adaptativas) em certo ambiente ou período podem ser desfavoráveis em outro ambiente ou em outro momento. Quanto maior a variabilidade genética dentro da espécie, maior a probabilidade de existirem indivíduos aptos a tolerar mudanças ambientais, a se reproduzir e a gerar descendentes.

Nos organismos com reprodução assexuada, as mutações são a única fonte de variabilidade genética. Como são relativamente raras, as mudanças nas características desses organismos são pouco frequentes.

A reprodução sexuada, por sua vez, exige grande gasto de energia. Nas plantas, pode implicar a formação de flores vistosas e perfumadas, capazes de atrair os polinizadores (como aves e abelhas) que transportam os elementos reprodutivos (grãos de pólen) de uma planta para outra. Nos animais, envolve a produção de milhões de gametas (pelos machos) e a conquista do parceiro sexual, que nem sempre é tranquila.

O fator decisivo da seleção natural não é a “luta pela vida”, como pensavam os primeiros darwinistas, mas a taxa diferencial de reprodução no interior de cada espécie.

MONOD, J. **O acaso e a necessidade**. Petrópolis: Vozes, 1971.

Figura 2. (a) Entre os indivíduos desse grupo, há variabilidade genética. (b) Em certos casos, a diversidade não é tão aparente, mas existe, e um filhote não costuma ter dificuldade para encontrar os pais no grupo.

Lembrar que, além da visão, outras estruturas sensoriais (principalmente as ligadas ao olfato e, com menor importância, à audição) permitem aos animais localizarem seus filhotes e vice-versa.

Variabilidade genética e gametas

Entre os membros de uma espécie — ou mesmo de uma ninhada —, há variabilidade genética porque cada um carrega diferentes informações genéticas. O cão doméstico (*Canis familiaris*), por exemplo, tem nas células do corpo 78 cromossomos, que contêm as informações hereditárias que condicionam que tipo de cão ele é (**figura 3**). Desses, 39 cromossomos ele recebeu do pai e 39 da mãe, pelos gametas.



Figura 3. Todos os cães têm orelhas, pelos e cauda; contudo, distinguem-se uns dos outros por apresentarem diferentes tipos de orelha, de pelo e de cauda. São “variações sobre um mesmo tema”.

O encontro e a fusão dos gametas — a **fecundação** (ou fertilização) — é o primeiro passo na formação de um indivíduo (**figura 4**), que, durante o período embrionário, é incapaz de suprir suas necessidades básicas, como a obtenção de alimentos e a proteção contra predadores e contra a perda de água. A nutrição do embrião é garantida pelos pais ou por reservas alimentares, encontradas em abundância, por exemplo, na semente de feijão e no ovo de galinha.

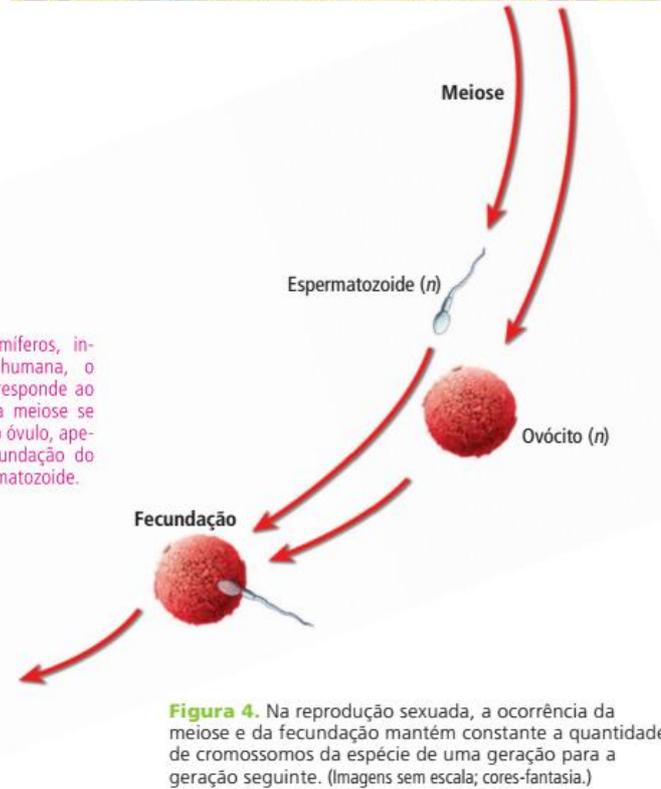
O **gameta** é um “pacote de informações genéticas” que um indivíduo transfere para a geração seguinte. O **embrião** é um organismo (animal ou planta) em estágio inicial de desenvolvimento, que depende direta ou indiretamente de reservas alimentares fornecidas pelo genitor.

Os gametas femininos e masculinos apresentam diferenças: os **óvulos** — gametas femininos dos animais — são geralmente grandes, não têm movimentação ativa e trazem no citoplasma o **vitelo**, rica mistura de nutrientes consumidos pelo embrião durante o desenvolvimento; os **espermatozoides** — gametas masculinos dos animais — são pequenos e móveis, deslocando-se ativamente, em geral, por meio do batimento do flagelo.

No surgimento e desenvolvimento de um novo indivíduo, duas condições devem ser satisfeitas pelos gametas: informação e nutrição.



Martin Novak/Shutterstock.com



Studio Caparroz

Na maioria dos mamíferos, incluindo a espécie humana, o gameta feminino corresponde ao ovócito secundário; a meiose se completa, formando o óvulo, apenas se houver a fecundação do ovócito por um espermatozoide.

Novo indivíduo (2n)



Oksana Kuzmina/Shutterstock.com

Mitose

Zigoto (2n)

Figura 4. Na reprodução sexuada, a ocorrência da meiose e da fecundação mantém constante a quantidade de cromossomos da espécie de uma geração para a geração seguinte. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Ciclos de vida

Os animais geralmente são diploides (2n) e produzem gametas haploides (n) por meiose. A fecundação dos gametas produz um zigoto (do grego *zygon*, par), célula diploide (2n) que, por mitoses sucessivas, origina um ser também diploide. Esse é um **ciclo haplobionte diplonte** (do grego *haplós*, não composto, *bíos*, vida, e *óntos*, ser), em que há uma única forma de organismo adulto, que é diploide. O estágio haploide é representado exclusivamente pelos gametas (**figura 5a**).

As algas filamentosas de água doce do gênero *Oedogonium* produzem gametas femininos imóveis e grandes; já os masculinos são pequenos e móveis. Ambos são haploides e surgem, por mitose, de células também haploides. Da fecundação resulta um zigoto diploide que se divide, por meiose, e origina quatro esporos (células flageladas haploides) cada um dos quais capaz de formar, por mitose, um filamento. Nesse ciclo, há uma só forma de indivíduo adulto, com células haploides; trata-se, portanto, de um **ciclo haplobionte haplonte** (**figura 5b**).

No ciclo reprodutivo de algumas plantas terrestres, como as samambaias, alternam-se dois tipos de seres: um indivíduo diploide, a samambaia que conhecemos, frequentemente cultivada em vasos; e um indivíduo haploide, com formato de coração, bem menor e mais simples que o indivíduo diploide. O indivíduo diploide produz esporos haploides por meiose. Do desenvolvimento de um esporo, surge um pequeno indivíduo haploide que, por mitose, gera gametas também haploides. Da fecundação resulta um zigoto (2n) que, por mitose, origina um indivíduo diploide, completando o ciclo. Como há dois tipos de indivíduos adultos, um haploide e um diploide, trata-se do **ciclo diplobionte** (do grego *diplós*, duplo, *bíos*, vida, e *óntos*, ser) (**figura 5c**).

No ciclo diplobionte, verifica-se a alternância de gerações (ou metagênese): uma geração haploide alterna-se com uma geração diploide.

Optamos por essa nomenclatura dos ciclos de vida, em vez de haplobionte, diplobionte e haplodiplobionte.

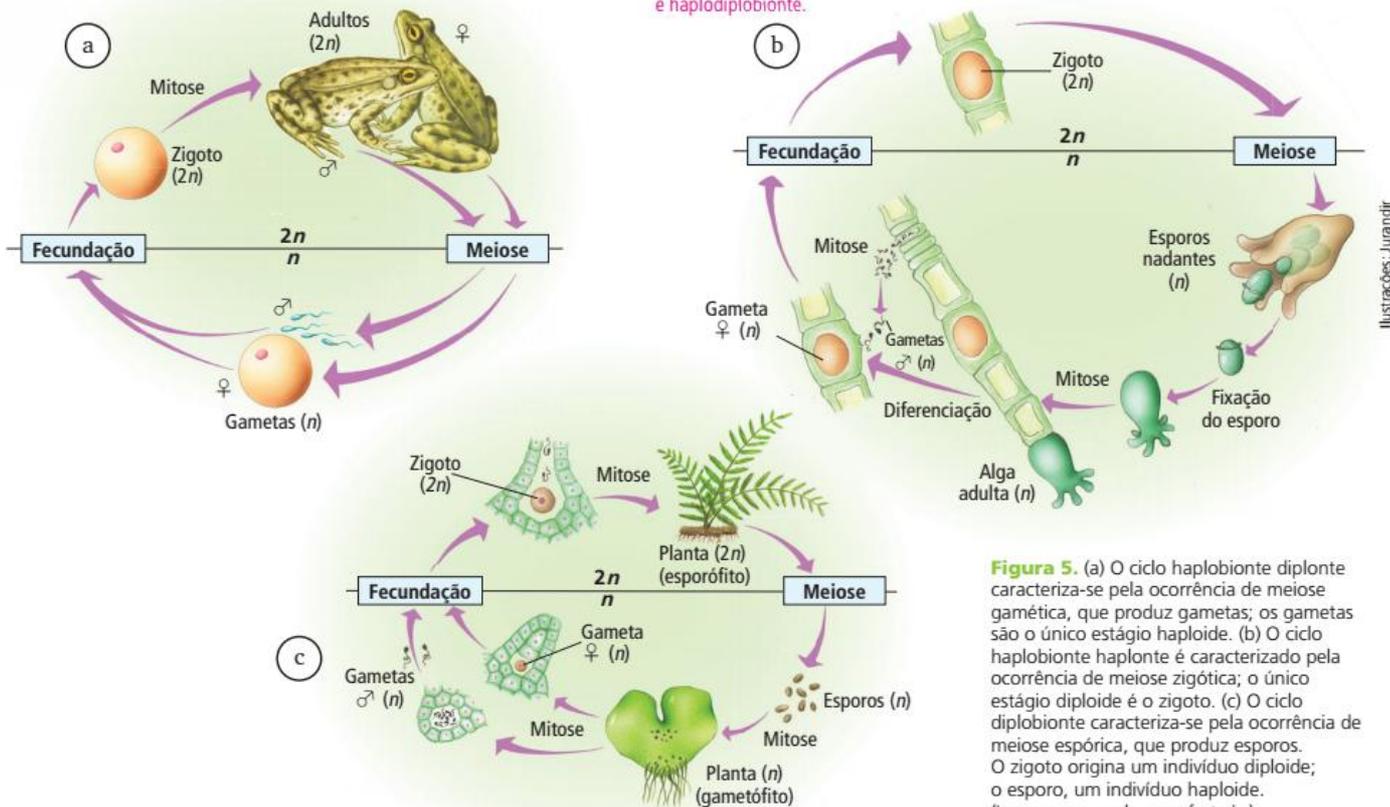


Figura 5. (a) O ciclo haplobionte diplonte caracteriza-se pela ocorrência de meiose gamética, que produz gametas; os gametas são o único estágio haploide. (b) O ciclo haplobionte haplonte é caracterizado pela ocorrência de meiose zigótica; o único estágio diploide é o zigoto. (c) O ciclo diplobionte caracteriza-se pela ocorrência de meiose esporica, que produz esporos. O zigoto origina um indivíduo diploide; o esporo, um indivíduo haploide. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Bases da reprodução animal

A formação dos gametas (ou **gametogênese**) ocorre em células germinativas que, em quase todos os animais, situam-se nas **gônadas** — testículos e ovários —, as quais, além de gametas, produzem hormônios sexuais, responsáveis pelo surgimento e manutenção das características sexuais secundárias.

As características sexuais permitem distinguir machos e fêmeas da mesma espécie. Podem ser **características sexuais primárias** (relacionadas diretamente aos órgãos do sistema genital) ou **características sexuais secundárias** (na espécie humana, são exemplos o desenvolvimento da massa muscular, o timbre de voz e a distribuição de pelos; em outros animais, evidenciam-se a plumagem ou a pelagem, a presença de chifres e outras características). Se as características sexuais secundárias estão presentes, a espécie apresenta **dimorfismo sexual**.

A meiose, que reduz à metade o número de cromossomos das células que surgem da divisão, é fundamental na gametogênese, pois origina gametas haploides, que se unem na fecundação, restabelecendo o número diploide da espécie. Em geral, os gametas gerados por um indivíduo são geneticamente diferentes entre si por causa da distribuição independente dos cromossomos, e, em alguns casos, pela ocorrência do *crossing-over* nas células resultantes da meiose.

Produção de gametas

Quanto à produção de gametas, os animais classificam-se em:

- **Dioicos** (do grego *di*, dois, e *oikos*, casa) ou unissexuados: cada indivíduo apresenta um único sexo e produz apenas um tipo de gameta masculino ou feminino.

- **Monoicos** (do grego *monos*, um, e *oikos*, casa), bissexuados ou hermafroditas: cada indivíduo possui testículos e ovários, nos quais se formam, respectivamente, gametas masculinos e femininos.

Os animais dioicos apresentam necessariamente **fecundação cruzada**, na qual os espermatozoides de um indivíduo fecundam os óvulos de outro. Os animais monoicos — como a solitária (ou tênia), um parasita intestinal — podem realizar a **autofecundação**, isto é, os espermatozoides de um indivíduo fecundam os próprios óvulos. Embora isso proporcione menor variabilidade genética, existe a vantagem de facilitar o encontro de gametas e aumentar a chance de ocorrer fecundação, pois envolve um único indivíduo.

Há animais monoicos que são impedidos de se autofecundar porque a produção de gametas masculinos e femininos acontece em períodos distintos. É o chamado **hermafroditismo sequencial**, em que o desenvolvimento dos sexos não ocorre concomitantemente. Isso os obriga a realizar fecundação cruzada: um indivíduo fecunda, com seus espermatozoides, os óvulos de outro. Há casos, porém, em que ocorre produção de gametas masculino e feminino no mesmo período. É o chamado **hermafroditismo simultâneo**, que possibilita a autofecundação em algumas espécies; em outras espécies acontece fecundação cruzada, em que os dois indivíduos têm os óvulos fecundados pelos espermatozoides do parceiro. Tal evento, que ocorre, por exemplo, nas minhocas e nos caracóis-de-jardim, permite a fusão de materiais genéticos de diferentes indivíduos, favorecendo a variabilidade, e possibilita que ambos os participantes originem descendentes.

Em populações muito pequenas, o hermafroditismo simultâneo é vantajoso, pois aumenta a probabilidade da fecundação, justificando o custo energético de manter ambos os sistemas genitais funcionando simultaneamente em um mesmo indivíduo.

▶ Fecundação

Destacar os aspectos adaptativos dessas formas de fecundação.

Há dois tipos de fecundação, conforme o meio em que ocorrem:

- A **fecundação externa** ocorre fora do organismo feminino, em meio líquido, e está restrita a animais aquáticos ou que vivem nas proximidades da água. Geralmente, os animais têm gônadas proporcionalmente grandes e produzem e liberam elevada quantidade de gametas. Isso aumenta a probabilidade de ocorrência da fecundação apesar das altas taxas de perda de gametas no ambiente. Observa-se na maioria das espécies de peixes e de anfíbios (**figura 6a**).
- A **fecundação interna** ocorre no interior do sistema genital feminino e, por isso, é um processo mais seguro, com menor perda ou morte de gametas. Insetos, répteis, aves e mamíferos são alguns dos animais com fecundação interna. Os machos depositam os gametas nas vias genitais femininas durante a **cópula** (ou coito) (**figura 6b**).



Figura 6. (a) Em anfíbios, o amplexo é uma forma de “abraço” que estimula a liberação de gametas do macho e da fêmea em meio aquático, no qual ocorre a fecundação externa. (b) Em insetos, ocorre a cópula e a fecundação é interna.

Geralmente, as fêmeas de vertebrados são receptivas à cópula apenas durante o período fértil, chamado **cio**, quando há gametas femininos em seu sistema genital. Alguns primatas (inclusive seres humanos) são os únicos animais cujas fêmeas permitem a cópula mesmo não estando no período fértil.

As fêmeas passam por alterações cíclicas da fertilidade, provocadas por variações da produção dos hormônios sexuais, podendo, de acordo com a espécie, acontecer uma única vez ou diversas vezes por ano.

Há casos em que também os machos sofrem alterações hormonais e de interesse sexual. Em certas espécies de veados, ocorrem intensas alterações da produção de testosterona ao longo do ano. Nos meses de maior concentração do hormônio, quando os chifres tornam-se bastante resistentes, os machos lutam entre si, e os vencedores estabelecem seus “haréns”, grupos de fêmeas que serão fecundadas durante o cio. Mudanças da composição das secreções vaginais das fêmeas são percebidas pelos machos, e o reconhecimento do cio se faz normalmente pelo olfato. Um cachorro pode reconhecer a presença de uma cadela no cio a dezenas de metros.

Nem todos os machos são dotados de pênis, o órgão da cópula. Em muitas espécies de aves, por exemplo, a cópula se faz pela colocação da cloaca do macho sobre a da fêmea. **Cloaca** é a cavidade em que se abrem as vias digestórias, urinárias e genitais.

Estando os gametas femininos protegidos dentro do corpo da fêmea, o risco de perda é pequeno, e assim ela produz apenas um ou alguns gametas por vez. Como os machos geralmente produzem milhões de gametas, a fecundação é o resultado de uma “corrida de obstáculos”, vencida pelos espermatozoides de maior vitalidade, o que caracteriza um mecanismo muito eficiente de seleção natural.

▶ Estratégias reprodutivas especiais

Destacar os aspectos adaptativos dessas formas de reprodução.

Há formas de reprodução diferentes das habitualmente encontradas na maioria das espécies de animais. Em geral, são estratégias adaptativas que possibilitam a manutenção da espécie sob condições específicas.

Na **partenogênese** (do grego *parthenos*, virgem, e *genesis*, origem) ocorre o desenvolvimento de óvulos não fecundados. Acontece, por exemplo, na abelha-europeia (*Apis mellifera*), cujos embriões partenogenéticos — portanto haploides — dão origem somente a machos (zangões). Os óvulos fecundados formam embriões diploides, que originam as fêmeas (rainhas ou operárias).

Poliembrionia é o caso em que o zigoto se divide, e as células resultantes se separam e continuam, individualmente, o desenvolvimento, originando diversos embriões. Ocorre, em geral, entre tatus. Na espécie humana, a poliembrionia explica o surgimento dos gêmeos idênticos (ou gêmeos monozigóticos).

Pedogênese é a ocorrência de reprodução assexuada em organismos que ainda se encontram no estágio de larva. Um exemplo é verificado no esquistossomo (*Schistosoma mansoni*), platelminto causador da esquistossomose. A larva realiza pedogênese no interior de um caramujo, dando origem a numerosas formas infectantes, denominadas cercárias. Evolutivamente, a pedogênese consiste em uma útil adaptação à vida parasitária, pois encurta o ciclo reprodutivo e aumenta o número de descendentes gerados.

Neotenia consiste na ocorrência de maturidade genital e reprodução sexual em indivíduos que ainda não perderam completamente características do estágio de larva. O exemplo mais conhecido é o das salamandras, anfíbios que, preservando características larvais (como a presença de brânquias e cauda), se reproduzem sexuadamente.

Espermatogênese humana

Espermatogênese é a formação dos espermatozoides (gametas masculinos), que surgem de espermatogônias, células existentes nas paredes de túbulos situados no interior dos **testículos**. Processa-se em uma temperatura inferior à temperatura corporal e está dividida em quatro fases (**figura 7**).

a) A **fase de proliferação** (ou multiplicação) inicia-se na fase intrauterina e prolonga-se praticamente por toda a vida. Células germinativas primordiais dos testículos proliferam e convertem-se em **espermatogônias**, células diploides ($2n$) que aumentam em quantidade por mitose. Essa proliferação acelera-se a partir da puberdade e tende a diminuir na velhice.

b) A **fase de crescimento** inicia-se na puberdade. Um pequeno aumento do volume do citoplasma transforma espermatogônias em **espermatócitos primários** (também chamados espermatócitos de primeira ordem ou espermatócitos I), que são células diploides ($2n$).

c) Na **fase de maturação**, após a primeira divisão da meiose, cada espermatócito primário origina dois **espermatócitos secundários** (espermatócitos de segunda ordem ou espermatócitos II), que são haploides (n). A segunda divisão da meiose converte os dois espermatócitos secundários em quatro **espermátides**, também haploides (n). As espermátides ainda não são gametas funcionais.

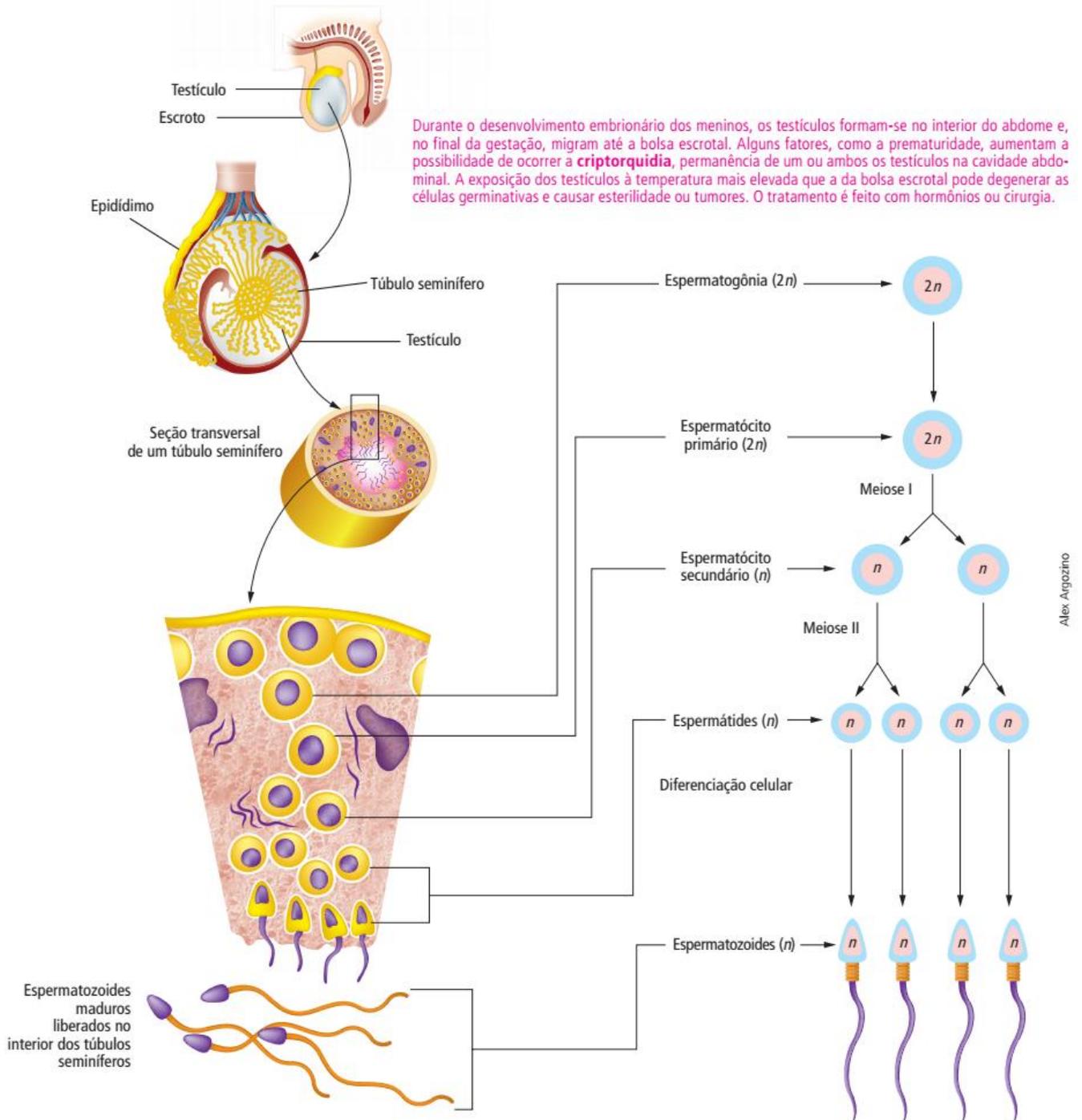


Figura 7. Fases da espermatogênese. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

d) **Espermiogênese** (diferenciação pós-meiótica) é o processo de diferenciação sem divisão celular (**figura 8**) pelo qual as espermatídes (n) se convertem em **espermatozoides** (n).

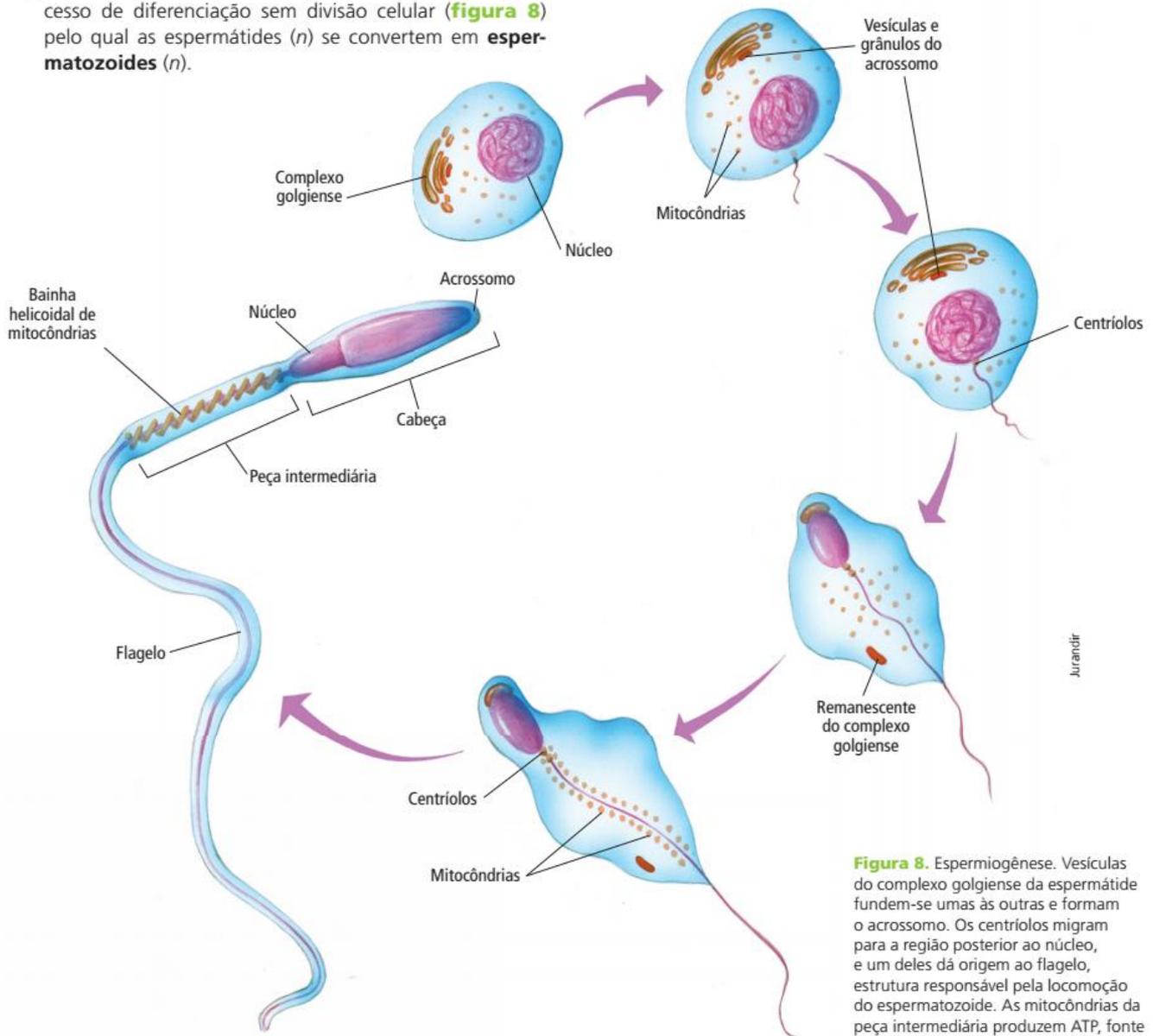


Figura 8. Espermiogênese. Vesículas do complexo golgiense da espermatíde fundem-se umas às outras e formam o acrossomo. Os centríolos migram para a região posterior ao núcleo, e um deles dá origem ao flagelo, estrutura responsável pela locomoção do espermatozoide. As mitocôndrias da peça intermediária produzem ATP, fonte de energia para a locomoção. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Ovogênese humana

Os espermatozoides são “pacotes compactos de informação genética” e não dispõem de muito equipamento citoplasmático, fornecido ao zigoto pelo gameta feminino. Este, além de material genético, contém muito citosol, organelos e nutrientes. Em comparação com os espermatozoides, os gametas femininos são grandes e não possuem mecanismos próprios de locomoção.

Ovogênese (ou ovulogênese) é a formação dos gametas femininos e compreende três fases (**figura 9**), que são:

- Fase de proliferação:** no interior dos folículos ovarianos, as células germinativas primordiais ($2n$) multiplicam-se e convertem-se em **ovogônias** ($2n$). Na espécie humana, essa fase se encerra ainda antes do nascimento, por volta do terceiro mês de gestação.
- Fase de crescimento:** as ovogônias sofrem grande aumento em volume e transformam-se em **ovócitos primários** (ovócitos de primeira ordem ou ovócitos I), que são células diploides ($2n$) e iniciam a meiose, interrompida na

prófase I, ainda na vida intrauterina. Embora a célula já esteja em divisão, sua cromatina é descondensada e bastante ativa; o ovócito primário tem grande atividade metabólica e acumula proteínas, glicogênio, lipídios e vitaminas no citoplasma. Esses nutrientes armazenados constituem o vitelo, consumido pelo embrião durante o desenvolvimento.

- Fase de maturação:** inicia-se quando a menina alcança a puberdade (entre 10 e 15 anos de idade). Dos 400 mil ovócitos primários presentes nos ovários, apenas cerca de 400 irão originar gametas (geralmente um em cada ciclo menstrual, em média com 28 dias). Nesta fase, o ovócito primário conclui a primeira divisão da meiose, gerando duas células distintas: o **ovócito secundário**, que recebe quase todo o citoplasma, e o **primeiro corpúsculo polar** (ou glóbulo polar), uma pequena célula que pode se desintegrar antes mesmo de sofrer a segunda divisão da meiose.

Próximo da metade de cada ciclo menstrual ocorre a **ovulação**: um folículo maduro rompe-se e libera o ovócito secundário, cuja meiose se encontra interrompida na metáfase II. Recolhido pela tuba uterina, degenera 24 horas depois de ter sido liberado, se não for fecundado.

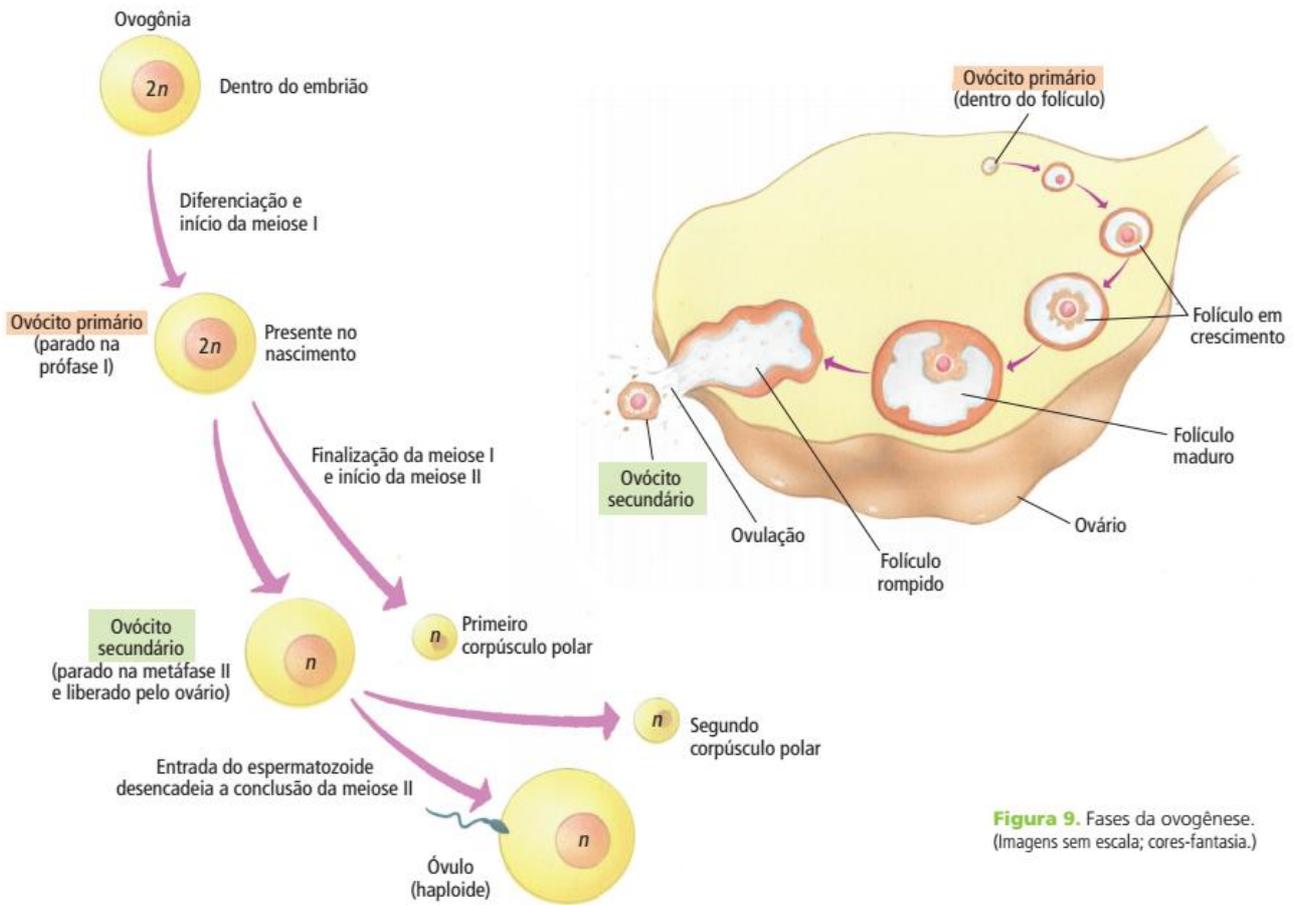


Figura 9. Fases da ovogênese. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Caso seja fecundado, o ovócito secundário termina a segunda divisão da meiose, e mais uma vez a distribuição do citoplasma é desigual: uma das novas células haploides tem bastante vitelo, e a outra — o segundo corpúsculo polar — recebe quantidade diminuta de citoplasma e degenera pouco depois. Nos primatas em geral, o ovócito secundário é a célula que se une ao espermatozoide; portanto, ele é o verdadeiro gameta feminino.

À primeira vista, pode parecer estranho esse comportamento da meiose, privilegiando uma célula-filha à custa da morte das outras. Como um dos papéis do gameta feminino é fornecer nutrientes ao embrião em desenvolvimento, fica evidente a vantagem adaptativa: embora em menor número, embriões bem nutridos têm maior viabilidade.

Uma consequência da desigualdade dos gametas é a herança citoplasmática, condicionada por DNA presente em organoides, e não no núcleo. Em quase todos os animais (inclusive seres humanos), como a fecundação resulta da fusão do gameta feminino (célula grande, rica em componentes citoplasmáticos) com o gameta masculino, os organoides citoplasmáticos do zigoto possuem, na maioria, origem materna. O DNA mitocondrial está relacionado com algumas doenças hereditárias humanas, como distúrbios musculares, uma forma de cegueira (doença de Leber) e uma forma de surdez. Essas doenças têm herança materna, ou seja, são transmitidas da mãe para todos os descendentes. Como os espermatozoides são células com citoplasma escasso e pouquíssimos organoides, homens afetados não transmitem a doença para nenhum descendente.

Tabela 1. Diferenças entre espermatogênese e ovogênese

Aspectos	Espermatogênese	Ovogênese
Gônadas em que acontece	Testículos	Ovários
Gametas formados por gônia	Quatro	Um
Fase de proliferação	Longa	Curta
Fase de crescimento	Curta	Longa
Acumulação de vitelo	Não	Sim
Diferenciação pós-meiótica	Sim	Não

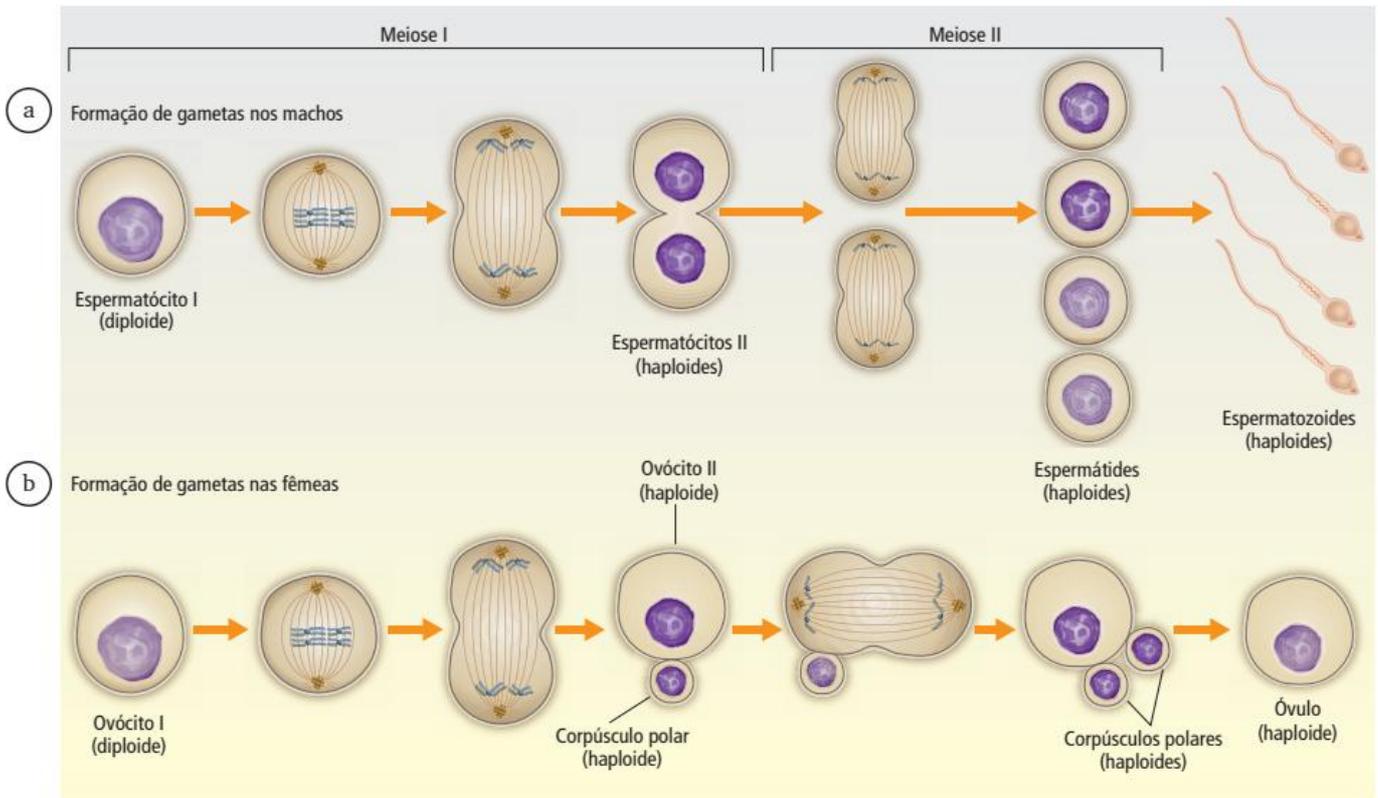


Figura 10. Representação esquemática comparando (a) a espermatogênese e (b) a ovogênese. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A notícia

Japoneses criam espermatozoide a partir de células-tronco embrionárias

Um novo grupo de pesquisadores japoneses usou células-tronco embrionárias de camundongos para produzir espermatozoides saudáveis desses animais em condições de laboratório. A iniciativa poderia ajudar no tratamento da infertilidade humana.

[...] Como podem se transformar em diferentes tipos de células, e se multiplicar, os especialistas esperam poder aproveitá-las para tratar doenças e dis-

funções, incluindo câncer e diabetes.

Cientistas da Universidade de Kyoto removeram células-tronco de embriões de camundongos e conseguiram conduzi-las para um tipo de célula precursora conhecida por se transformar tanto em óvulos quanto em espermatozoides dos animais.

Depois testaram essas células em camundongos machos inférteis, que aparentemente produziram espermatozoides saudáveis.

Os espermatozoides foram removidos diretamente dos testículos e fertilizaram óvulos (em recipientes de laboratório) [...].

Japoneses criam espermatozoides a partir de células-tronco embrionárias. **Folha de S.Paulo**, ago. 2011. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/955145-japoneses-criam-espermatozoide-a-partir-de-celulas-tronco-embrionarias.shtml>>. Acesso em: fev. 2016.

Pesquisadores japoneses criam óvulos em laboratório

As células-tronco romperam o que talvez fosse a sua última grande fronteira: o desenvolvimento de óvulos férteis a partir das formas mais "básicas" delas.

Por enquanto, o feito se restringe a camundongos, mas cientistas afirmam

que ele pode representar um importante passo no tratamento da infertilidade feminina.

[...]

Em laboratório, os cientistas usaram esses óvulos em inseminações artificiais, que deram origem a filhotes

férteis e saudáveis. A taxa de nascimento, porém, foi inferior à de filhotes oriundos de óvulos "tradicionais".

[...]

MIRANDA, G. Pesquisadores japoneses criam óvulos em laboratório. **Folha de S.Paulo**, 05/10/2012.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler as notícias, faça o que se pede:

1. Cite possível aplicação prática dessas descobertas.
2. Faça um pequeno texto sobre as possíveis implicações éticas da aplicação das técnicas descritas nos textos.

Fecundação

Assim que entra em contato com os envoltórios do gameta feminino, o acrossomo do espermatozoide começa a liberar enzimas hidrolíticas (digestivas). Tal reação acrossômica possibilita, ao final, a fusão das membranas dos dois gametas. Imediatamente, os envoltórios do gameta feminino alteram-se de modo a impedir a penetração de outros espermatozoides.

A ocorrência da fecundação induz o ovócito secundário a concluir a segunda divisão da meiose, formando o óvulo e o segundo corpúsculo polar. O núcleo haploide do espermatozoide (agora chamado pronúcleo masculino) pode então unir-se ao núcleo haploide do gameta feminino (o pronúcleo feminino), formando o núcleo diploide do zigoto (figura 11).

O óvulo humano só existe durante o breve intervalo entre a conclusão da meiose II e a fusão dos pronúcleos masculino e feminino.

Embora a ilustração mostre a penetração completa do espermatozoide no gameta feminino (a cauda, inclusive), não é o que ocorre em todas as espécies. Em algumas, apenas a cabeça do espermatozoide penetra; em outras, somente o núcleo.

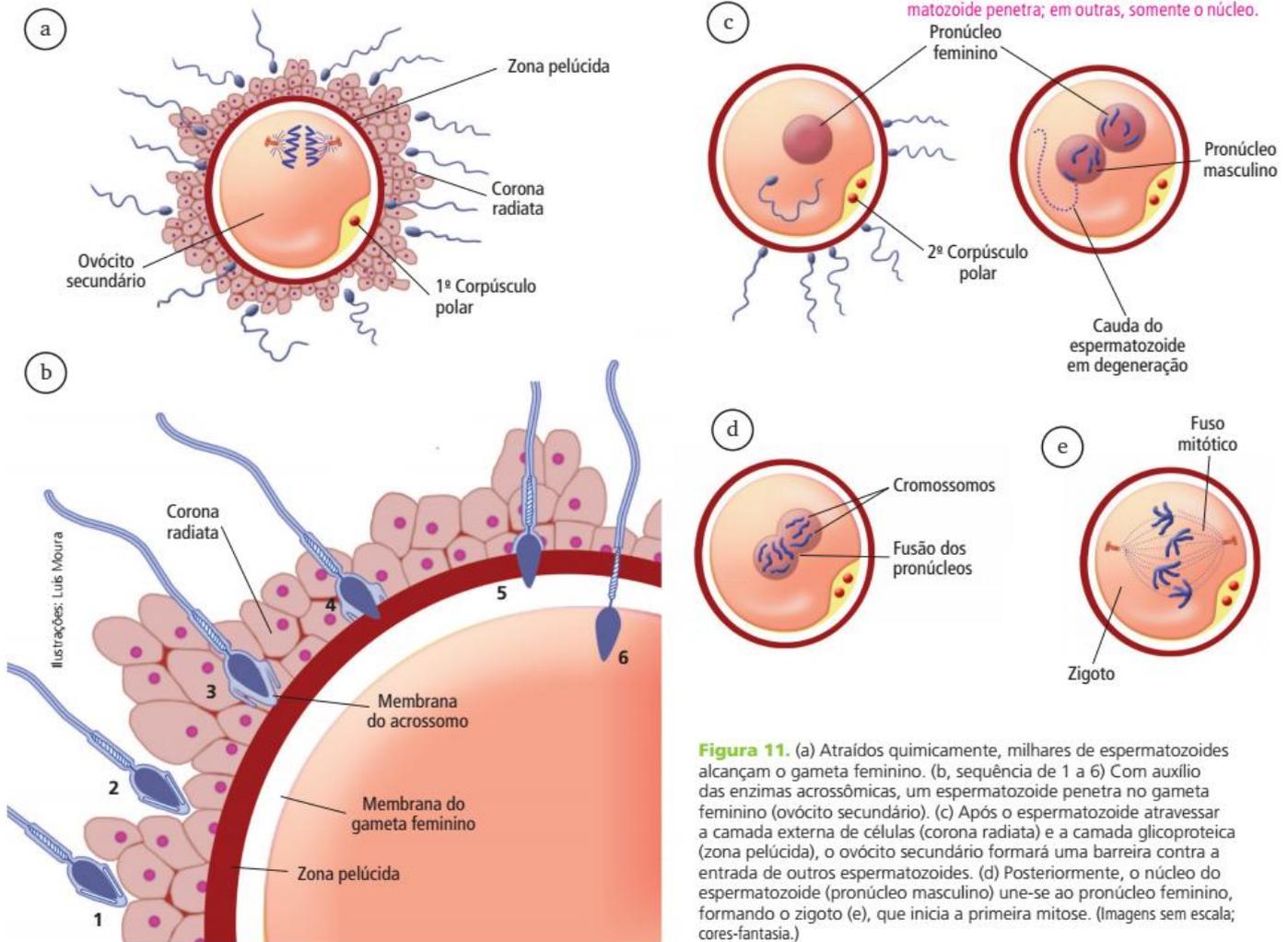


Figura 11. (a) Atraídos quimicamente, milhares de espermatozoides alcançam o gameta feminino. (b, sequência de 1 a 6) Com auxílio das enzimas acrossômicas, um espermatozoide penetra no gameta feminino (ovócito secundário). (c) Após o espermatozoide atravessar a camada externa de células (coroa radiata) e a camada glicoproteica (zona pelúcida), o ovócito secundário formará uma barreira contra a entrada de outros espermatozoides. (d) Posteriormente, o núcleo do espermatozoide (pronúcleo masculino) une-se ao pronúcleo feminino, formando o zigoto (e), que inicia a primeira mitose. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

▶ Armazenar mais ou menos vitelo?

Gametas femininos com quantidades diferentes de vitelo transformam-se, depois de fecundados, em diferentes tipos de ovos. Quando um pintainho eclode de um ovo, pesa poucos gramas. Um bebê humano nasce com 3 250 g em média. No entanto, se compararmos o ovo de galinha com o zigoto humano, veremos que o primeiro é muito maior. Como pode um embrião humano desenvolver-se durante 40 semanas de um zigoto tão pequeno, e ficar bem maior que o pintainho, cujo embrião dispõe de muito mais alimento no ovo?

A resposta está na existência da placenta, que se forma no útero das fêmeas grávidas da maioria dos mamíferos. Pela placenta o embrião recebe gás oxigênio, água e nutrientes, além de transferir para a mãe seus resíduos, como o gás carbônico e a ureia. Então, a partir da implantação no útero, o embrião dispõe de uma fonte abundante de alimentos.

O desenvolvimento embrionário do pintainho dura três semanas, durante as quais ele depende do vitelo (a gema do ovo). Recebe também um “complemento dietético extra”, o albume (ou clara do ovo), rico material proteico que, na verdade, não faz parte do zigoto. A casca, as membranas do ovo e o albume são produzidos por glândulas localizadas ao longo do oviduto, tubo que comunica o ovário com a cloaca da galinha.

Embora existam exceções, peixes e anfíbios têm fecundação externa, restrita aos ambientes aquáticos, com grande perda de gametas masculinos e femininos, que podem ser levados pela correnteza ou devorados por predadores. Em contrapartida, há grande produção de gametas e, com isso, aumenta a probabilidade de sobrevivência de alguns deles.

Na evolução dos vertebrados, os répteis apresentam fecundação interna, e suas fêmeas passaram a produzir óvulos grandes e em menor número. Essa modificação trouxe muitas vantagens. A produção de apenas um ou poucos óvulos não diminuiu a probabilidade de sucesso reprodutivo, pois esses gametas estão protegidos dentro do sistema genital das fêmeas. Além disso, sendo poucos, são grandes e ricos em vitelo; o desenvolvimento embrionário é mais longo e permite que os filhotes saiam mais maduros dos ovos.

Como animais de fecundação interna geram menor quantidade de filhotes por ninhada, em algumas espécies as fêmeas despendem mais tempo e mais cuidado com a prole, o que é inviável para uma mãe com grande número de filhotes.

Animais de **desenvolvimento direto** nascem como adultos "em miniatura", ou seja, apresentam todas as estruturas corporais características dos adultos da espécie a que pertencem. Animais de **desenvolvimento indireto** nascem como larvas, com aparência muito distinta da forma adulta. A fase larval normalmente é curta, porém muito ativa: ingerem grande quantidade de alimento e sofrem metamorfose, que os leva à forma adulta (ou imago).

▶ Proteção da nova vida

Além de informação genética e alimentos, os embriões necessitam de proteção.

Nos animais com fecundação externa, não há mecanismos eficientes capazes de garantir que os embriões completem seu desenvolvimento, pois não podem evitar que sejam levados pela água ou devorados por predadores. Nesse caso, ocorre a geração de grande quantidade de descendentes, dos quais pelo menos uma parte consegue sobreviver. Numerosos descendentes não garantem proteção a um indivíduo, mas à espécie!

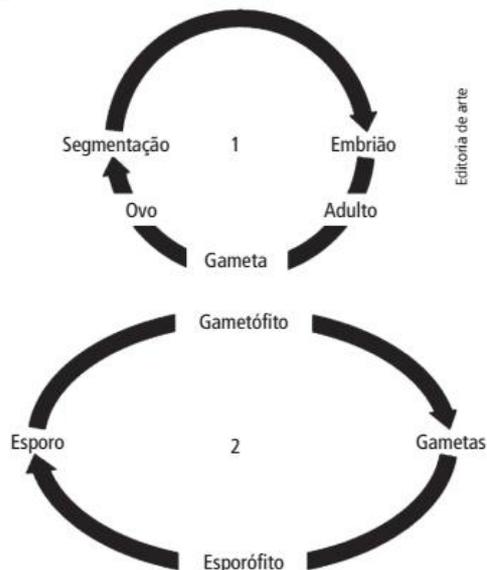
Peixes e anfíbios não enfrentam o problema da perda excessiva de água, pois os embriões geralmente se desenvolvem na água. Por sua vez, aves e répteis protegem os embriões no interior de ovos com cascas calcárias resistentes, onde estão menos vulneráveis ao dessecação e ao ataque de predadores.

Fêmeas de quase todos os mamíferos preservam os embriões alojados no interior do útero, órgão de parede muscular vigorosa, que se contrai durante o parto e expulsa os filhotes. No útero, os embriões dispõem de um meio líquido com temperatura estável e proteção eficiente contra microrganismos. Também contam com a placenta, um eficaz órgão de nutrição e oxigenação.

Atividades

Escreva
no caderno

1. A reprodução nos seres vivos pode ocorrer, basicamente, de forma sexuada e assexuada. Compare os dois tipos de reprodução quanto à quantidade de descendentes produzidos e à variabilidade genética.
2. Os esquemas 1 e 2, a seguir, esquematizam os ciclos de vida de organismos com reprodução sexuada. O esquema 1 corresponde à reprodução de um animal; o esquema 2, à de uma planta.



Edição de arte

- a) Nos dois ciclos, identifique as etapas em que ocorrem meiose e mitose.
 - b) Nos dois ciclos, identifique as fases haploides e as diploides.
3. (Unicamp-SP) Considerando que a informação genética é igualmente carregada pelo óvulo e pelo espermatozoide, responda:
 - a) Por que o óvulo é geralmente muito maior do que o espermatozoide?
 - b) Como essa diferença aparece durante a gametogênese?

4. (UFRJ) Em animais como os peixes, que têm fecundação externa, o número de gametas liberados na água é geralmente muito grande, enquanto, nos animais que apresentam fecundação interna, o número de gametas é bem menor. Este fato representa uma adaptação evolutiva destes grupos adquirida ao longo do tempo. Explique a importância deste fato para a garantia da perpetuação das espécies.
5. (UFMA) A produção de óvulos, nas fêmeas de mamíferos, apresenta diferenças e semelhanças à produção de espermatozoides nos machos. Cite duas semelhanças e duas diferenças entre os processos de ovogênese e de espermatogênese.
6. Depois do nascimento, os filhotes dos mamíferos passam proporcionalmente mais tempo com os pais do que os filhotes de animais de qualquer outro grupo.
Explique a relação entre tal característica e o tipo de fecundação e a quantidade de gametas produzidos por esses animais.
7. (UFSCar-SP) Óvulos de mamíferos são microscópicos, com diâmetro entre 75 micrômetros e 140 micrômetros; já o óvulo de galinha atinge mais de 3 centímetros de diâmetro.
 - a) Que substância armazenada no citoplasma do óvulo responde por esta diferença de tamanho?
 - b) Qual a razão dessa diferença de tamanho, considerando-se a reprodução de mamíferos e aves?
8. Tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*) e tatu-mulita (*Dasypus hybridus*) são duas espécies de tatus encontrados na região Sul do Brasil. É do folclore gaúcho a seguinte quadra:

O tatu mais a mulita,
É lei da sua criação:
Se é macho, não tem irmã,
Se é fêmea, não tem irmão.

A partir de seus conhecimentos sobre reprodução animal, elabore uma hipótese que explique o que os versos descrevem.

CONEXÕES

Reprodução assistida

A reprodução assistida pode representar a possibilidade de gravidez para pessoas com infertilidade. São causas de infertilidade feminina: alterações do muco cervical; endometriose; obstrução das tubas uterinas; laqueadura das tubas uterinas; tumores ovarianos; distúrbios hormonais; doenças genéticas. São causas de infertilidade masculina: disfunção erétil (impotência sexual); alterações dos espermatozoides, como ausência ou diminuição de sua produção, mobilidade reduzida e formas anormais; vasectomia; obstrução dos epidídimos ou dos ductos deferentes; inflamações ou tumores da próstata; distúrbios hormonais; doenças genéticas.

A inseminação intrauterina (IUI, do inglês *intrauterine insemination*), ou inseminação artificial, consiste na introdução de espermatozoides na cavidade uterina, da qual eles se deslocam para a tuba em busca do ovócito secundário.

Na transferência intratubária de gametas (GIFT, do inglês *gametes intrafallopian transfer*), três ou quatro ovócitos secundários são colocados simultaneamente com espermatozoides dentro de uma tuba uterina, que é o sítio habitual da fertilização.

A técnica de fertilização *in vitro* (FIV), conhecida popularmente como “bebê de proveta”, é um procedimento que envolve várias etapas. Na primeira, denominada estimulação ovariana controlada, a mulher recebe hormônios que estimulam a produção de ovócitos secundários. O objetivo da estimulação é produzir número suficiente de ovócitos secundários — em geral, acima de seis — para que se possa fazer uma seleção de embriões saudáveis do ponto de vista morfológico e de velocidade de crescimento, que serão posteriormente transferidos para o útero da paciente. Feita a estimulação hormonal, os ovócitos secundários são coletados com o auxílio de ultrassonografia e levados ao laboratório.

A coleta pode ser realizada por via transvaginal ou por laparoscopia, com o auxílio de um aparelho — o laparoscópio — que penetra por pequena abertura na parede abdominal, permitindo a visualização das estruturas pelo médico. Os espermatozoides do parceiro (ou de um doador) são preparados em laboratório. A seguir, os ovócitos secundários e os espermatozoides (na proporção de um ovócito secundário para cada 100 mil ou 150 mil espermatozoides viáveis) são colocados em um meio de cultura no

qual deverá ocorrer a fecundação. Posteriormente, o embrião é implantado no útero.

Outra forma de reprodução assistida — uma das mais sofisticadas, atualmente — é a injeção intracitoplasmática do espermatozoide (ICSI). O sêmen é coletado por masturbação e levado imediatamente ao laboratório, onde é feita a seleção dos espermatozoides de morfologia e motilidade normais. Um único espermatozoide é imobilizado mecanicamente, com uma leve pressão de uma agulha de injeção sobre a sua cauda. É então aspirado pela cauda para dentro da agulha de injeção. Por sua vez, o ovócito secundário é fixado com uma pequena sucção da micropipeta que o prende. Após a introdução da micropipeta, o espermatozoide é liberado no citoplasma do ovócito secundário. A seguir, a micropipeta é lentamente retirada do interior do gameta feminino.

Os embriões são mantidos em meio de cultura e são avaliados quanto ao desenvolvimento e clivagem. São considerados de boa qualidade caso dupliquem o número de células a cada 24 horas. Suas células devem ser simétricas, com pouco ou nenhum acúmulo de fragmentos celulares entre elas. A composição química do meio de cultura, a temperatura e o pH podem influenciar no desenvolvimento e na qualidade dos embriões, que devem ser transferidos para o útero da mulher tão logo seja possível.

Com o auxílio de uma pequena cânula, os embriões são transferidos para o útero, aproximadamente, 48-72 horas após a fertilização. Para que a implantação seja bem-sucedida, faz-se previamente a estimulação hormonal do endométrio (revestimento interno do útero). Uma vez no interior do útero, os embriões transformam-se em massas celulares denominadas blastocistos, que se implantam no endométrio, dando início à gravidez. Cerca de 12 dias após a introdução dos embriões no útero, é solicitado o teste de sangue para determinação de gravidez. Trata-se da dosagem de beta-hCG no sangue, cujo resultado positivo (acima de 30 UI/mL) é indicativo de gravidez.



Na ICSI, um único espermatozoide é aspirado com o auxílio de uma pequena agulha e, a seguir, injetado no interior de um ovócito secundário, que se encontra na metáfase da segunda divisão da meiose.

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

Escreva no caderno

Vídeo (em inglês) com a técnica da ICSI (injeção intracitoplasmática do espermatozoide) pode ser visto em: <<http://tub.im/sihygi>>. Acesso em: fev. 2016.

Texto 1

Nas mulheres, o que chamamos matriz – ou útero – é um “animal” dentro delas, que tem o apetite de gerar filhos. Quando fica muito tempo sem fruto, esse animal se impacienta e suporta esse estado com dificuldade; erra pelo corpo inteiro, obstrui as passagens do fôlego, impede a respiração, lança-se em angústias extremas e provoca outras enfermidades de toda sorte.

Platão, filósofo grego. Apud NASIO, J. D. *A histeria: teoria e clínica psicanalítica*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1991.

Texto 2

[...] Nos últimos 20 anos, a crítica feminista, inspirada pela perspectiva das relações de gênero, buscou sistematicamente separar as ideias de reprodução e de procriação do sexo e da sexualidade, refutando uma concepção corrente de procriação como um dever “natural”, apoiada em uma concepção de sexualidade como um impulso ou instinto (também “natural”). No entanto, apesar desse esfor-

ço, a noção de sexo como um instinto e reprodução como um dever, e sobretudo como um desejo constitutivo da identidade das mulheres, persiste no senso comum, impregnando até mesmo as práticas de saúde e do direito.

VARGAS, E. P.; MOÁS, L. C. Discursos normativos sobre o desejo de ter filhos. *Revista de Saúde Pública*, v. 44, n. 4, ago. 2010.

1. Discuta com seus colegas os trechos citados, com base na questão da identidade de gênero e na discriminação sexual em nossa sociedade. Anote no caderno as principais ideias.
2. O estabelecimento de novas estruturas familiares, tanto por métodos naturais quanto por procedimentos assistidos, é motivo de polêmica na atualidade. Muitos dos problemas que afligem a sociedade atual são atribuídos à desagregação das famílias. Elabore uma relação de temas associados à questão da montagem e da manutenção dos grupos familiares e traga-a para discussão em sala de aula.

Desenvolvimento animal

Etapas de uma revelação





1 – Subsídios que podem enriquecer a discussão sobre células-tronco são encontrados nos portais do Instituto de Pesquisa com Células-Tronco (IPCT), disponível em <<http://tub.im/67b53>>, e da Rede Nacional de Terapia Celular, disponível em <<http://tub.im/yp6eun>>. Acessos em: jan. 2016.

A mãe de todas as células

É difícil passar uma semana em que não sejam divulgadas experiências com células-tronco. Teoricamente, elas podem ser usadas no tratamento de todo tipo de doença, desde a falência de um órgão essencial (como o coração ou o pâncreas), passando pela degeneração decorrente do envelhecimento (por exemplo, o mal de Alzheimer), até os acidentes (como as lesões traumáticas da medula espinal). Por isso, essas células adquiriram um caráter de panaceia (remédio para todos os males), diante da possibilidade de solução de problemas complexos. *Veja observação 1.*

Apesar dos evidentes avanços, ainda existe distância entre o que acontece nos laboratórios e a aplicação das técnicas em clínicas e hospitais. Um dos motivos para isso é a dificuldade em controlar a proliferação e a diferenciação dessas células, evitando a formação de tumores e outras complicações. Outra razão é que, embora promissoras, essas pesquisas enfrentam oposição de grupos (sobretudo religiosos) que questionam a ética do uso de células embrionárias em pesquisas ou tratamento.

A maioria das células de organismos pluricelulares diferencia-se e desempenha funções específicas. Seres humanos têm mais de 200 tipos celulares, todos originados de células-tronco indiferenciadas e sem função definida. Em certas situações (que podem ser simuladas em laboratório), as células-tronco diferenciam-se e podem atender a necessidades específicas do organismo.

Dos vários tipos de células-tronco, destacam-se as embrionárias e as somáticas. Presentes em embriões, as células-tronco embrionárias podem se transformar em qualquer tipo de célula diferenciada. Já as células-tronco somáticas encontram-se em certos órgãos e tecidos de organismos já formados. Em seres humanos, por exemplo, existem na medula óssea, em vasos sanguíneos, no coração, no cérebro, nos músculos, na pele, no pâncreas, no fígado e nos dentes.

Células-tronco somáticas podem se dividir e substituir células perdidas durante a vida, atuando como um sistema de reposição. Todavia, são menos versáteis que as células-tronco embrionárias e podem se diferenciar apenas em alguns tipos celulares. As células-tronco da medula óssea, por exemplo, originam células do sangue (como as hemácias). Por sua vez, as células-tronco do pâncreas e do coração só se diferenciam em circunstâncias especiais.

Pela versatilidade e pela facilidade de obtenção, muitos pesquisadores preferem trabalhar com células-tronco embrionárias extraídas de embriões humanos com, no máximo, quatro ou cinco dias pós-fecundação, obtidos em clínicas de reprodução assistida. Esse é um dos motivos para a resistência que as pesquisas enfrentam.

Com exceção do uso de células-tronco de cordão umbilical em casos de leucemia, os tratamentos baseados em células-tronco ainda não se encontram plenamente disponíveis para uso em seres humanos, mesmo que diversos casos isolados tenham se mostrado bem-sucedidos. Uma linha de pesquisa que vem avançando envolve o uso de células-tronco na formação de órgãos inteiros, destinados a transplantes. A técnica já permitiu obter em laboratório vasos sanguíneos, uretras e traqueias, que foram implantados com sucesso em pacientes, evitando a necessidade de aguardar órgãos de doadores compatíveis. *Veja observação 2.*

Para quem acompanha o noticiário referente às células-tronco, muitas vezes é difícil separar o joio do trigo. Estudos bem conduzidos e documentados (promissores, mas ainda preliminares) confundem-se com pesquisas apressadas e mal executadas, de cientistas que buscam mais a fama do que resultados consistentes.

Parece certo que a terapia com células-tronco trará alívio ou solução para doenças hoje incuráveis. No entanto, ainda há muito trabalho pela frente.

2 – O artigo **A importância do uso das células-tronco para a saúde pública**, da pesquisadora brasileira Lygia da Veiga Pereira, faz uma revisão sobre células-tronco e está disponível em: <<http://tub.im/hkxtv8>>. Acesso em: jan. 2016.

A formação de um indivíduo

Artrópodes possuem ovo centrolécito e segmentação meroblástica (ou parcial) superficial. Nesse capítulo trataremos do desenvolvimento embrionário de cordados; por isso, esse tipo de ovo não será detalhado.

Trilhões de células descendem do zigoto e, apesar de geneticamente idênticas, executam papéis diferentes, em razão dos tipos de genes “ligados” e “desligados” em cada uma delas. Processos diversos governam a formação das diferentes estruturas do organismo.

Reunidos, os cromossomos do espermatozoide e do ovócito constituem o material genético do novo indivíduo, com informações que orientam o desenvolvimento. Desenha-se um “projeto de construção” que participará do surgimento de um animal, semelhante a outros de sua espécie, mas com características que o tornarão único e distinto dos demais.

No desenvolvimento do embrião, de uma única célula originam-se, no adulto, todas as linhagens celulares, com grande diversidade de formas e funções, organizadas em tecidos e órgãos funcionando harmonicamente.

Segundo William Harvey¹: “As partes não surgem simultaneamente, mas em uma sequência contínua e ordenada”. Essa sequência é um padrão repetitivo e típico de cada grupo animal, baseado em informações contidas no patrimônio hereditário de cada um deles e resultado de um processo evolutivo que incorporou estruturas selecionadas durante milhões de anos.

A sequência dos eventos que conduz à formação de um indivíduo a partir do zigoto é conhecida por **ontogênese** (do grego *ontos*, ser, e *genesis*, origem) e é semelhante em todos os vertebrados. Os conhecimentos atuais de embriologia permitem alinhar essa sequência de eventos, que serão apresentados com ênfase no desenvolvimento dos cordados.

Tipos de ovos de cordados

O zigoto (ovo) dos cordados pode ser classificado de acordo com a quantidade e a distribuição de vitelo no citoplasma:

- O ovo **oligolécito**, comum em cordados não vertebrados, é muito pobre em vitelo. Também é encontrado na maioria dos mamíferos cujo embrião depende do vitelo apenas durante o deslocamento pela tuba uterina, após a fecundação, uma vez que, depois da nidação (implantação no útero), a nutrição embrionária é garantida pelo organismo materno pela placenta.
- O ovo **mediolécito** tem maior quantidade de vitelo, irregularmente distribuído pela célula e concentrado mais em um polo que no outro. Também chamado ovo telolécito incompleto ou heterolécito, é comum em anfíbios.
- O ovo **megalécito** é repleto de vitelo, exceto no polo onde está o núcleo da célula. Também é conhecido como ovo telolécito completo, sendo característico de peixes, répteis e aves.

Segmentação

A primeira etapa do desenvolvimento embrionário é a fase de **segmentação** (ou **clivagem**), caracterizada por uma série de divisões celulares consecutivas, em que as células resultantes dividem entre si o vitelo da célula-mãe. Nesse período, o embrião vive à custa do vitelo, e seu tamanho total permanece praticamente inalterado, pois é o volume de cada célula que se torna progressivamente menor.

As células embrionárias resultantes das primeiras divisões são os **blastômeros** (do grego *blastos*, germe, broto, e *meros*, parte). O embrião torna-se uma massa compacta de células, derivadas do zigoto, denominada **mórula** (do latim *morula*, amora). Logo em seguida, as células que compõem a mórula movimentam-se e passam a envolver uma cavidade interna cheia de líquido — a **blastocèle**. É a fase do desenvolvimento embrionário conhecida como **blástula** (figura 1).

A elaboração de modelos com massa de modelar de cores diferentes facilita a visualização da estrutura tridimensional das diferentes fases do desenvolvimento embrionário.

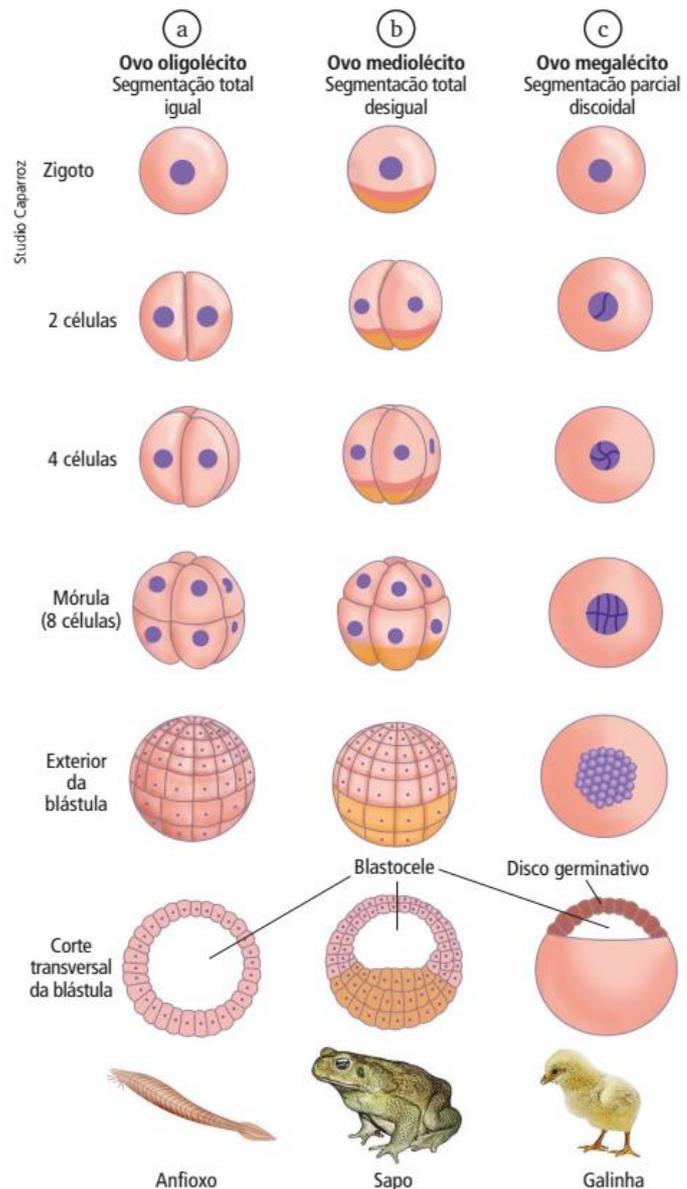


Figura 1. Tipos de segmentação dos cordados: (a) Segmentação holoblástica (total) igual: acontece quando um ovo oligolécito sofre clivagem e o vitelo é distribuído uniformemente entre as células-filhas, resultando em blastômeros de volumes aproximadamente iguais. (b) Segmentação holoblástica (total) desigual: ocorre quando o ovo mediolécito, passando pelas primeiras clivagens, tem distribuição desigual de vitelo entre as células-filhas, resultando em blastômeros de tamanhos diferentes. (c) Segmentação meroblástica (parcial) discoidal: ocorre nos ovos megalécitos, em que a clivagem ocorre apenas no polo onde há pouco vitelo. Somente uma fina camada de vitelo é dividida entre os blastômeros, que formam o disco germinativo, na superfície do ovo. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

¹ GARCIA, S. M. L. et al. **Embriologia**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1991.

Em geral, quanto maior a quantidade de vitelo, mais restrita é a área de segmentação. Portanto, cada tipo de ovo apresenta um padrão de segmentação:

Tipo de ovo	Tipo de segmentação	Ocorrência
Oligolécito	Holoblástica igual	Cordados não vertebrados e mamíferos
Mediolécito	Holoblástica desigual	Anfíbios
Megalécito	Meroblástica discoidal	Peixes, répteis e aves

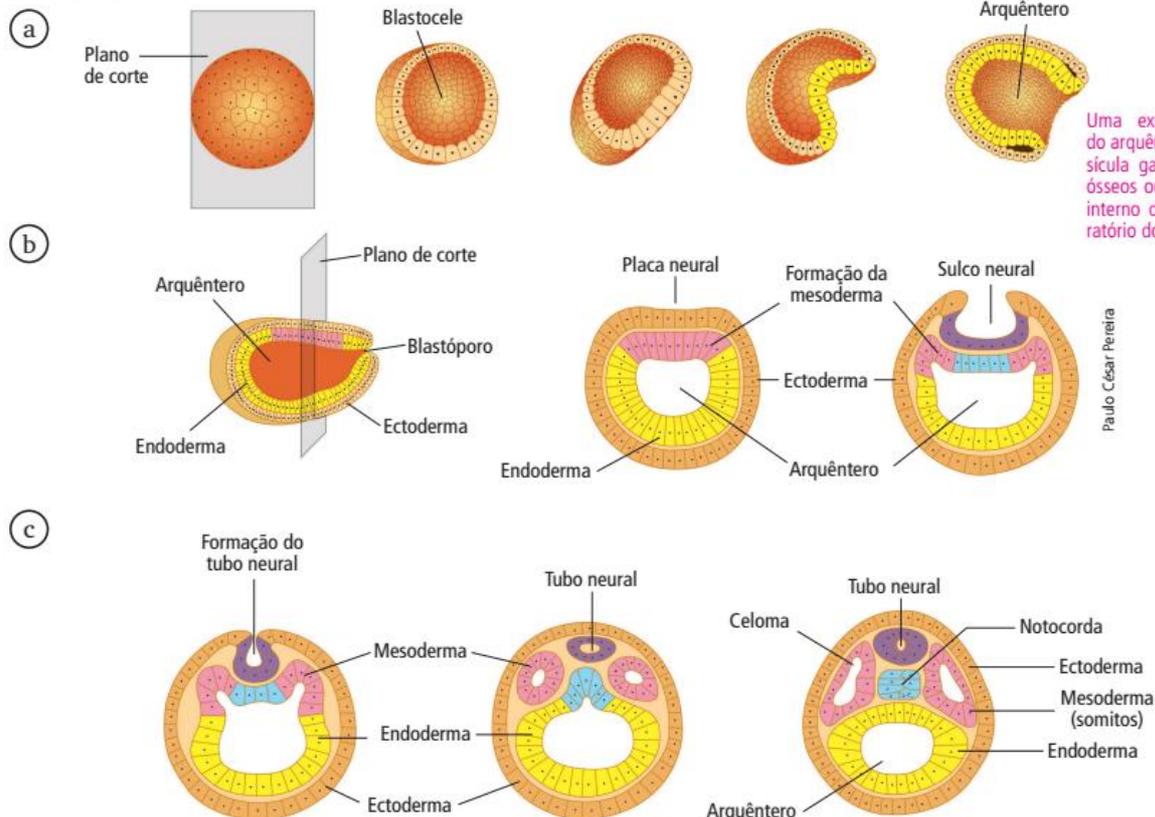
▶ Gastrulação

Após a segmentação, ocorre a **gastrulação**, que leva o embrião a assumir uma organização tridimensional complexa.

A gastrulação do anfióxico inicia-se com o crescimento mais acelerado de um dos polos do embrião, sendo as células do outro polo invaginadas, ou seja, empurradas para dentro. Tal movimentação invade a blastocele e forma um tubo, conhecido como **arquêntero** (o intestino primitivo), que se comunica com o exterior por meio de um orifício, o **blastóporo**. O embrião com esse formato recebe o nome de **gástrula** (do grego *gaster*, ventre) (**figura 2**).

Em outros animais, como anfíbios e mamíferos, a gastrulação pode ser mais complexa.

Arquêntero: do grego *arche*, primeiro, e *enteron*, intestino.



Uma expansão anterior do arquêntero forma a vesícula gasosa dos peixes ósseos ou o revestimento interno do sistema respiratório dos tetrápodes.

Paulo César Pereira

Folhetos embrionários

Ocorrendo a gastrulação, as células do embrião separam-se em duas camadas denominadas **folhetos embrionários** (ou germinativos): a camada externa é o **ectoderma** (ou ectoblasto); a interna, o **endoderma** (ou endoblasto). Com o transcorrer do desenvolvimento, o arquêntero origina o revestimento interno da cavidade digestória; células do dorso do arquêntero diferenciam-se e formam o terceiro folheto embrionário, o **mesoderma** (ou mesoblasto), situado entre os outros dois folhetos (**figura 2**).

Animais que se desenvolvem de dois folhetos embrionários (como os cnidários) são **diblásticos**. Já os animais que se desenvolvem de três folhetos embrionários (por exemplo, artrópodes, moluscos e cordados) são **triblásticos**.

Na região dorsal do embrião, induzido pelo mesoderma subjacente, o ectoderma forma o **tubo neural**, que dá origem, nos vertebrados, ao encéfalo e à medula espinal, componentes da parte central do sistema nervoso. Nessa etapa do desenvolvimento, o embrião passa a se chamar **nêurula**. O dorso do arquêntero origina a **notocorda**, que é o eixo de sustentação do embrião.

Tubo neural dorsal e notocorda são estruturas típicas dos urocordados, dos cefalocordados e dos vertebrados, que, em conjunto, formam o grupo dos cordados.

Em seguida, o mesoderma delimita as cavidades internas que formam o **celoma** — o qual, nos mamíferos adultos, permanece como cavidades corporais onde ficam os órgãos internos com finas membranas de revestimento: o pericárdio, a pleura e o peritônio, que revestem, respectivamente, o coração, os pulmões e os órgãos abdominais. Longitudinalmente, em toda a extensão, o mesoderma forma **somitos**, saliências que originam os tecidos musculares e parte dos tecidos conjuntivos.

Figura 2. Representação esquemática de fases do desenvolvimento embrionário do anfióxico. (a) A gastrulação resulta na formação do arquêntero. (b) O ectoderma dorsal espessa-se em toda a extensão, formando a placa neural, que se dobra e produz o sulco neural (ou goteira neural).

(c) As bordas do sulco neural, chamadas cristas neurais, fundem-se, dando origem ao tubo neural, que se desliga do ectoderma. (Imagens sem escala; cores-fantasia.) O mesoderma, associado ao arquêntero, forma a esplanopleura; a camada externa, associada ao ectoderma, constitui a somatopleura.

Diferenciação celular em cordados

As células embrionárias primordiais contêm as informações genéticas para a formação de um indivíduo completo. Porém, cada grupo de células traduz apenas uma parte dessa informação, adquirindo características morfológicas, bioquímicas e funcionais peculiares. Quanto mais precoce o estágio de desenvolvimento do embrião, mais indiferenciadas são as células, que são totipotentes, ou seja, podem se converter em qualquer tipo de célula diferenciada. Células menos indiferenciadas podem ser encontradas em embriões ou em certos órgãos de animais adultos, como a medula óssea vermelha humana.

Os mecanismos que transformam células embrionárias em células adultas diferenciadas não são completamente conhecidos, mas determinadas substâncias indutoras já foram isoladas em laboratório e até produzidas artificialmente. A **diferenciação celular** acontece em etapas: inicialmente, as células do embrião separam-se em folhetos embrionários; a seguir, as células de cada folheto diferenciam-se entre si, originando linhagens precursoras dos diversos tecidos. Uma vez formadas as estruturas embrionárias primitivas (folhetos embrionários, tubo neural, notocorda, celoma e somitos), inicia-se a **organogênese**, processo de formação dos órgãos que, na espécie humana, perdura até o fim do terceiro mês de gestação (figura 3).

Durante o desenvolvimento embrionário, outro fenômeno importante é a **migração celular**. À medida que se diferenciam, as células migram para locais específicos no embrião, passam a influenciar quimicamente as células vizinhas e a sofrer influências destas, em uma complexa rede de interações.

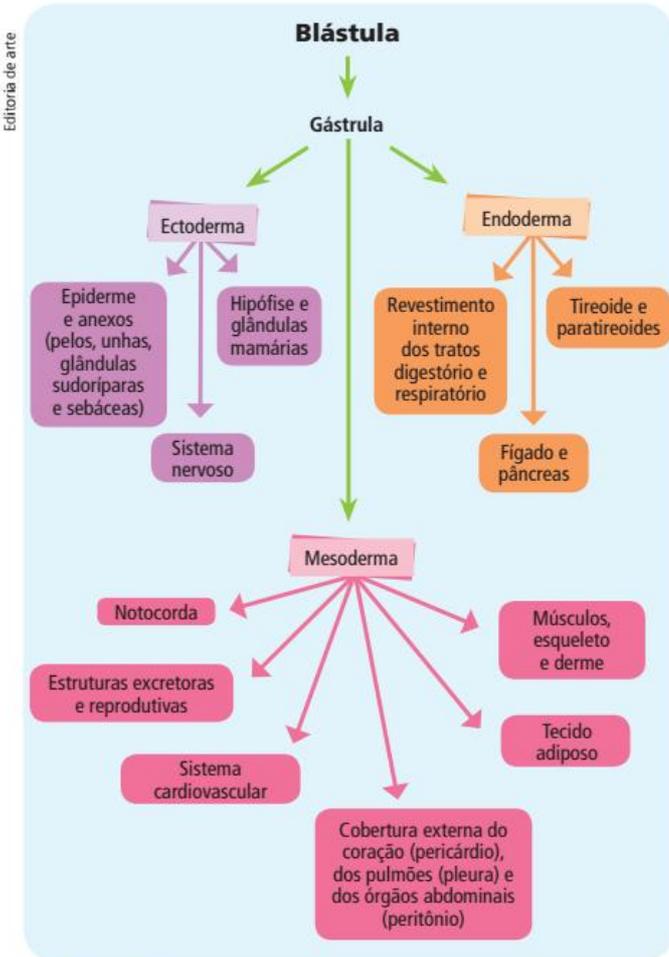


Figura 3. Destino dos folhetos embrionários em cordados.

Embriologia e anatomia como evidências da evolução

Semelhanças são observadas quando se comparam os embriões de diferentes grupos de vertebrados, que exibem o mesmo padrão básico de desenvolvimento; conseqüentemente, a anatomia comparada dos adultos de diferentes grupos também mostra semelhanças.

Uma semelhança que deriva de uma **característica primitiva**, presente no ancestral comum, chama-se **homologia** (ou **semelhança por ancestralidade comum**). Um exemplo: mamíferos ancestrais exibiam membros que, em decorrência da adaptação a diferentes habitats e submetidos a diferentes pressões da seleção natural, originaram os membros dos diversos grupos de mamíferos atuais (figura 4). O braço humano, a nadadeira da baleia, os membros anteriores do cavalo e a asa do morcego são **estruturas homólogas**, pois são **características derivadas** de uma característica primitiva, presente no ancestral comum.

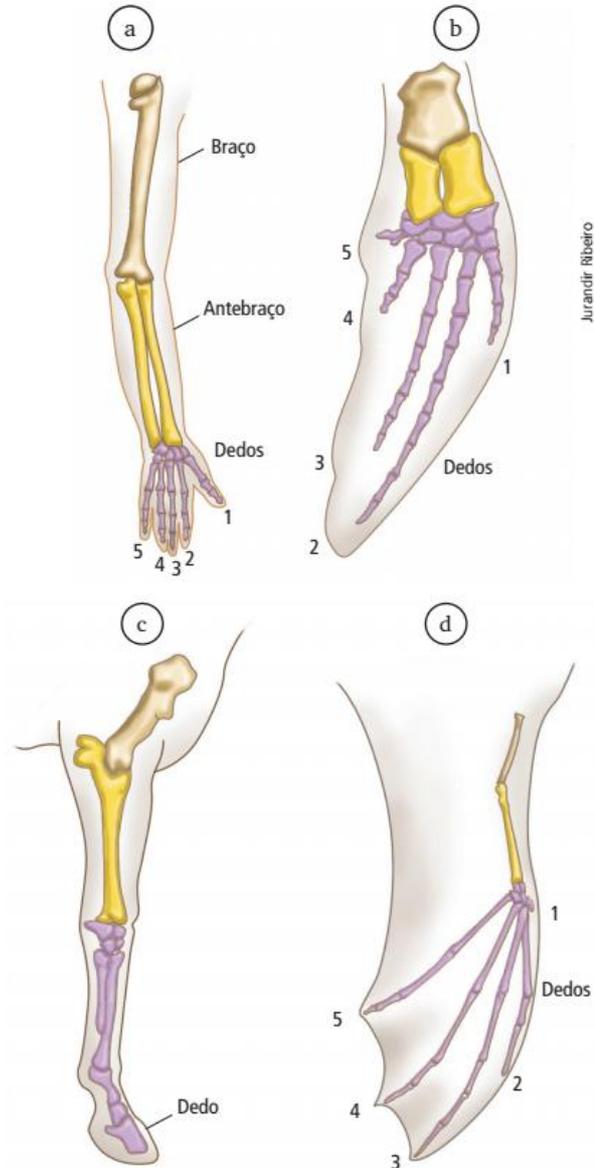


Figura 4. Membros superiores (ou anteriores) de (a) ser humano, (b) baleia, (c) cavalo e (d) morcego. Os ossos evidenciam o mesmo padrão estrutural básico. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

► Desenvolvimento humano

O desenvolvimento humano envolve uma série de eventos que ocorrem ao longo de, aproximadamente, 40 semanas. Durante as três semanas seguintes à fecundação, ocorrem segmentação, formação do blastocisto (correspondente à fase de blástula), nidação (implantação no útero), gastrulação e formação da placa neural (figura 5).

Na quarta semana, começa a organogênese, que se estende por cerca de seis semanas. Na quinta semana, inicia-se a circulação umbilical; na sexta semana, o coração está batendo. Com dez semanas de vida, o embrião humano já tem todos os órgãos formados, cria 250 mil neurônios por minuto e tem 3 cm de comprimento. A partir da 9ª semana passa a ser conhecido como feto.

► Pode ser usada também a palavra *concepto* para se referir ao embrião ou ao feto.

Com 12 semanas, o feto apresenta movimentos semelhantes aos da respiração. Passa a responder a estímulos com 14 semanas. Nesse momento, está com 9 cm de comprimento, em média, e pesa 48 g. Com 20 semanas, começa a ouvir sons. As pálpebras estão formadas, os olhos se mexem, mas ainda permanecem fechados.

O córtex cerebral completa sua formação com 22 semanas de desenvolvimento. Com 26 semanas, o bebê pisca quando um foco de luz é aplicado à barriga da mãe e já tem condições de sobreviver a um eventual parto prematuro. Com 30 semanas (quase sete meses de gestação), o feto já está quase maduro; abre e fecha os olhos, chupa o dedo e se mexe muito.

Os pulmões completam seu desenvolvimento com 34 semanas; nesse momento, 8% da massa do feto é gordura; por causa de seu tamanho, tem dificuldades para se mexer no espaço exíguo do útero materno. Com 40 semanas, ao final da gestação, o bebê ganha até 30 gramas por dia e já está preparado para o nascimento.

A ocorrência normal de todos esses eventos leva ao nascimento de um bebê saudável. Ocasionalmente, no entanto, ocorrem problemas no desenvolvimento que podem levar a malformações, retardo no desenvolvimento, problemas funcionais (incluindo retardo mental) e até morte fetal. Tais situações, reunidas sob a denominação de **teratogênese** (do grego *teratos*, monstro, e *genesis*, origem), podem ter origem genética ou ambiental — desnutrição da mãe, medicamentos usados sem orientação médica adequada, contaminantes ambientais (como o mercúrio e o chumbo), agentes infecciosos (como o vírus da rubéola e a bactéria da sífilis), uso de álcool, fumo e outras drogas por parte da gestante.

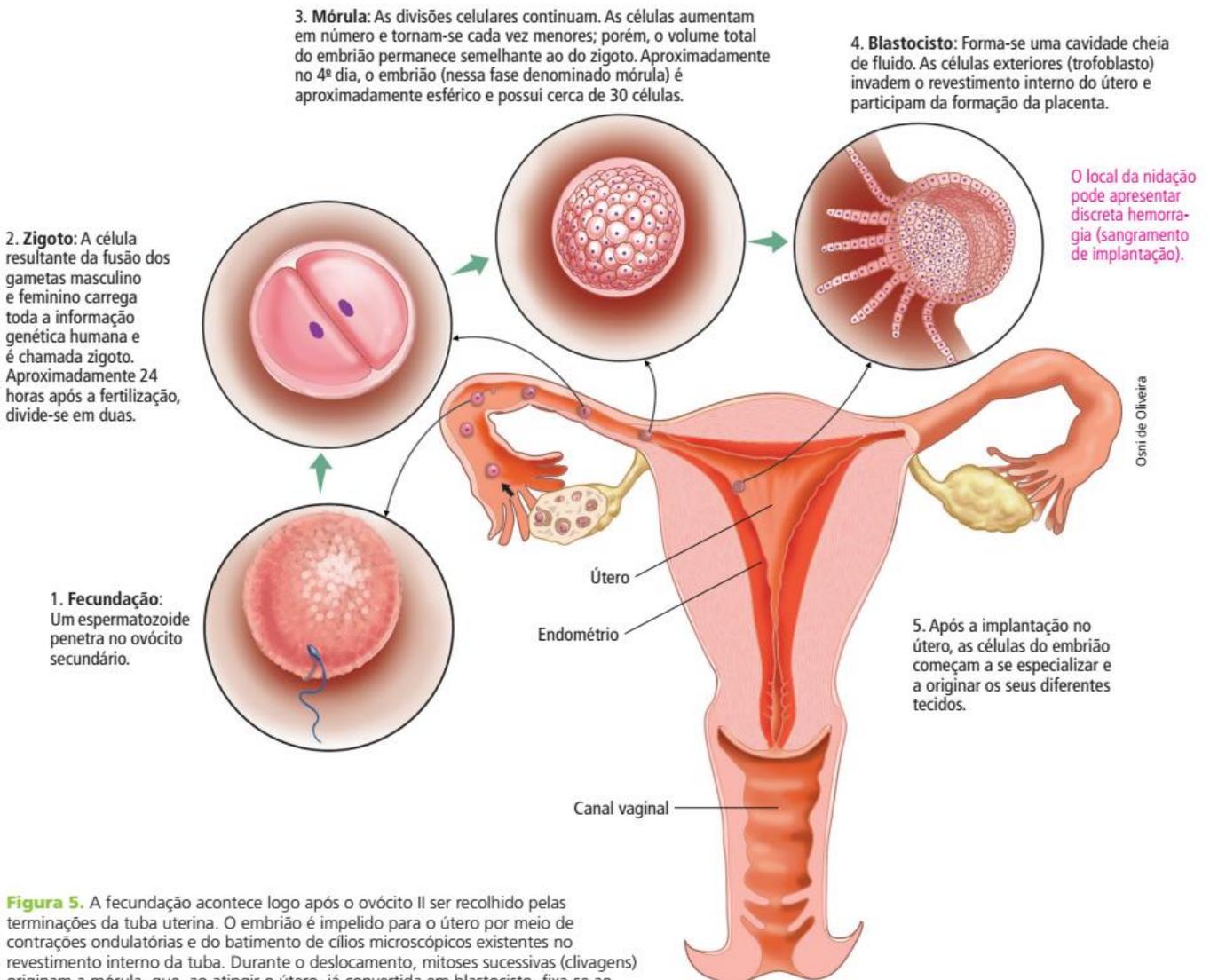


Figura 5. A fecundação acontece logo após o ovócito II ser recolhido pelas terminações da tuba uterina. O embrião é impelido para o útero por meio de contrações ondulatórias e do batimento de cílios microscópicos existentes no revestimento interno da tuba. Durante o deslocamento, mitoses sucessivas (clivagens) originam a mórula, que, ao atingir o útero, já convertida em blastocisto, fixa-se ao endométrio (revestimento interno do útero). (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Peça aos alunos que pesquisem fatores que causam malformações que podem afetar o desenvolvimento embrionário humano. Sugira que se separem em grupos e organize o trabalho de acordo com o tipo de agente: fatores físicos, químicos ou biológicos. Entre os agentes biológicos, destaque para o toxoplasma, o vírus da rubéola e o zika vírus.

▶ Apoptose, morte celular programada

Durante toda a vida do organismo, células surgem, crescem, diferenciam-se e morrem. Essa dinâmica é fundamental para o desenvolvimento dos embriões, para o crescimento do corpo e para a regeneração de partes lesadas. Um dos aspectos mais notáveis dessa plasticidade é a capacidade de as células programarem a própria morte. Esse mecanismo — chamado **apoptose** — vem atraindo a atenção de pesquisadores de todo o mundo.

A apoptose é um fenômeno benéfico, pois permite que, durante o desenvolvimento, o embrião seja permanentemente remodelado, até adquirir a arquitetura própria dos organismos de sua espécie. Isso ocorre, por exemplo, durante o desenvolvimento de embriões humanos. Em certo período da gestação, formam-se membranas interdigitais (entre os dedos) nas mãos e nos pés; aos poucos, essas membranas são removidas, devido à morte programada das células, permitindo que mãos e pés adquiram a conformação final. A apoptose também permite a remoção de células que se desenvolvem em local inapropriado ou que apresentam algum defeito.

Na apoptose, o volume celular diminui; a cromatina, condensando-se, forma massas compactas aderidas à face interna do envoltório nuclear. Pequenas vesículas contendo componentes celulares são formadas na superfície da célula. Essas vesículas, então, são fagocitadas por macrófagos. Aparentemente, células nervosas e células musculares são mais resistentes à apoptose, o que se explica devido aos papéis essenciais que desempenham. Por outro lado, células epiteliais e do sangue são mais propensas a se autodestruir, sendo substituídas com facilidade.

Origem e função das membranas extraembrionárias

Originados a partir dos folhetos germinativos, os **anexos embrionários** (figura 6) são estruturas que auxiliam o desenvolvimento do embrião de vertebrados, mas que não persistem nos adultos.

Precocemente, a lâmina de células da parede do arquêntero envolve o vitelo nutritivo, formando uma bolsa chamada **saco vitelínico**, único anexo embrionário de peixes e anfíbios. Em razão do consumo do vitelo, o saco vitelínico diminui progressivamente até desaparecer por completo. Além de ter a função de armazenar nutrientes, o saco vitelínico é o primeiro local de formação de hemácias dos embriões.

Nos embriões dos demais vertebrados — répteis, aves e mamíferos —, encontram-se outros anexos além do saco vitelínico. A parede do intestino primitivo forma a **alantoide**, uma membrana ricamente vascularizada que delimita uma bolsa dentro da qual são estocados os resíduos nitrogenados gerados pelo embrião durante seu desenvolvimento. Isso não acontece nos embriões de mamíferos, que eliminam eficientemente seus resíduos através da placenta.

Os embriões de peixes e de anfíbios excretam amônia, muito solúvel e que se dissolve facilmente na água que os cerca. Já, embriões de répteis e aves, de forma geral, excretam ácido úrico, pouco solúvel e menos tóxico, o que permite a economia de água e o armazenamento da excreta na alantoide. Sempre que possível é importante associar aspectos do desenvolvimento

embrionário com a evolução dos diferentes grupos de cordados e a ocupação de determinados habitats.

Nos embriões de répteis, de aves e de mamíferos, o mesoderma e o ectoderma associam-se e formam duas membranas, uma dentro da outra: o **âmnio** (mais interno) e o **cório** (mais externo).

A cavidade amniótica é ocupada por líquido, que impede o dessecação do embrião e é um eficiente sistema de amortecimento de choques mecânicos, protegendo ainda contra variações acentuadas de temperatura. O cório, mais espesso e permeável que o âmnio, recobre o embrião, envolvendo também o saco vitelínico e a alantoide. O âmnio permite o desenvolvimento dos embriões fora da água; portanto, seu surgimento foi uma importante adaptação na conquista do ambiente terrestre.

Nos embriões de répteis e de aves, algumas regiões da alantoide aderem firmemente ao cório, formando o **corioalantoide**, uma membrana vascularizada situada logo abaixo da casca porosa do ovo, que permite a ocorrência de trocas gasosas com o meio externo.

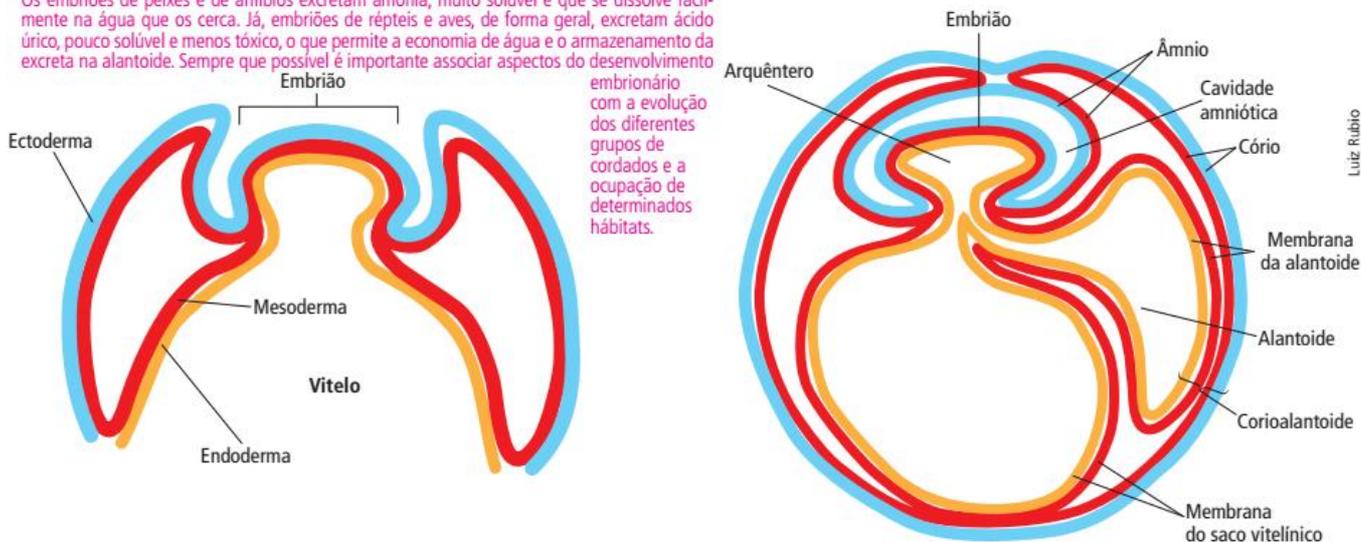


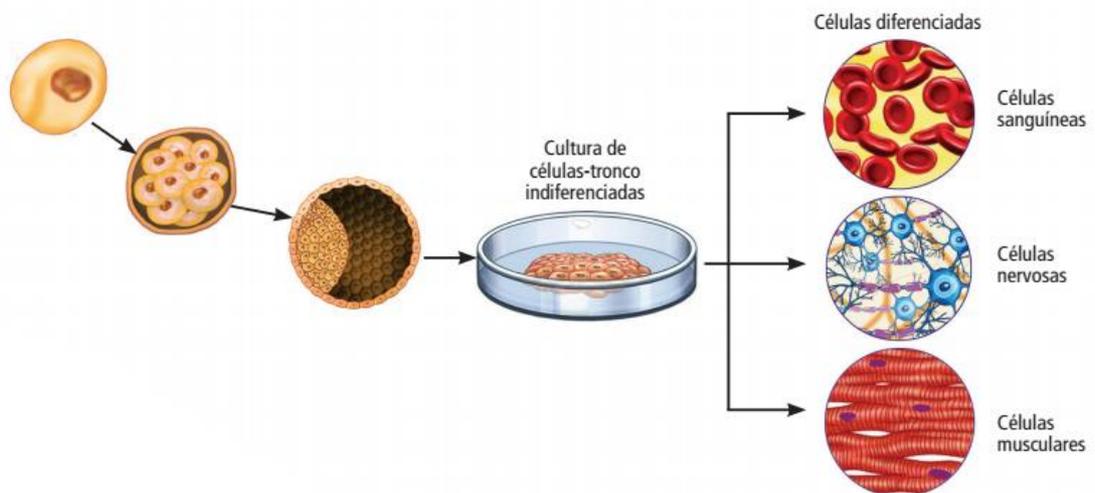
Figura 6. Origem dos anexos embrionários de um embrião de ave. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Nos últimos anos, as células-tronco têm sido muito estudadas por suas potenciais aplicações nos campos da pesquisa e da terapêutica.

Dependendo de sua capacidade de diferenciação, as células-tronco podem ser classificadas em:

- **Células-tronco totipotentes.** São o zigoto e as células da mórula (até o 3º ou 4º dia do desenvolvimento), que resultam de suas primeiras divisões. As células dessa categoria podem originar células de qualquer tecido ou mesmo de anexos embrionários, como a placenta (**figura 8a**).
- **Células-tronco pluripotentes.** São células do blastocisto (a partir do 5º dia de desenvolvimento) as quais já possuem algum grau de diferenciação e podem se diferenciar em todos os tipos de células, com exceção das células-tronco totipotentes e das células de anexos embrionários, como a placenta. Algumas técnicas permitem obter células pluripotentes a partir da transformação de células adultas.
- **Células-tronco multipotentes.** Encontradas em órgãos maduros (medula óssea, cérebro, placenta e fígado, por exemplo), são capazes de se diferenciar em diversos tipos de células, mas não em todos (**figura 8b**).
- **Células unipotentes.** São células capazes de formar apenas um tipo de células diferenciadas.

(a) Células-tronco embrionárias podem se diferenciar em muitos tipos de célula do corpo



(b) Células-tronco adultas podem se diferenciar em um número limitado de tipos celulares

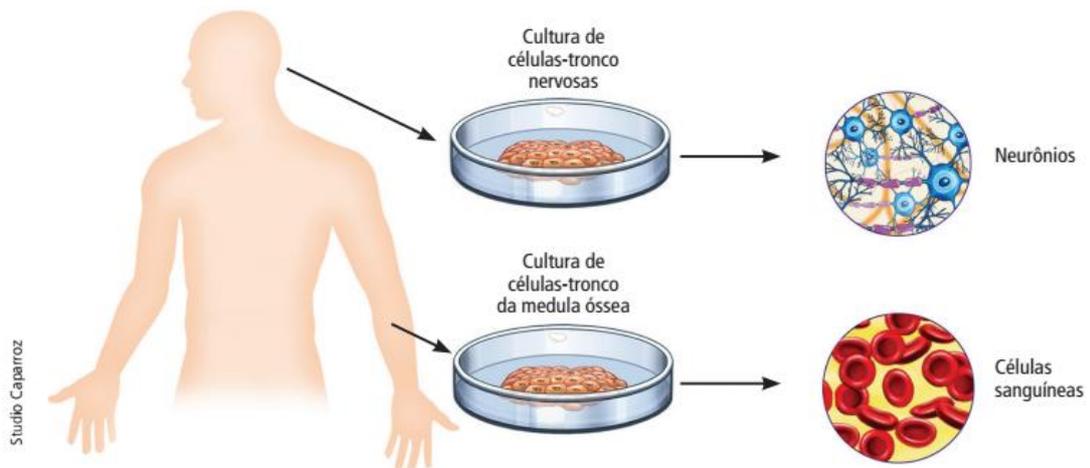


Figura 8. (a) A diferenciação das células-tronco totipotentes permite a obtenção de vários tipos de célula, ao passo que (b) o potencial das células-tronco multipotentes é limitado. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Com o eventual domínio de técnicas que permitam obter e cultivar essas células, os pesquisadores esperam originar substitutos para órgãos e tecidos lesados, origem de muitas doenças humanas (como o mal de Alzheimer, a doença de Parkinson, o diabetes melito, os traumatismos do sistema nervoso e outras). Terapias experimentais já usam as células-tronco para recuperar o coração de pessoas acometidas por infarto agudo do miocárdio ou insuficiência cardíaca grave.

Células-tronco podem ser obtidas, por exemplo, da medula óssea vermelha de adultos, do sangue do cordão umbilical (**figura 9**) ou por clonagem.



Figura 9. Bancos de sangue do cordão umbilical estocam células-tronco obtidas do sangue extraído logo após o nascimento. No sangue que circula pelo cordão umbilical (que é o sangue do feto) existem células-tronco que podem ser utilizadas no transplante de medula óssea (único uso atual dessas células), indicado para pacientes com leucemias, linfomas, anemias graves, anemias congênitas, imunodeficiências congênitas e outras doenças. Infelizmente, a propaganda feita por alguns bancos de sangue de cordão umbilical particulares dissemina a falsa ideia de que essas células poderiam ser usadas, no futuro, em muitas outras situações.

A clonagem com fins reprodutivos, gerando células-tronco capazes de formar embriões e novos indivíduos, é a **clonagem reprodutiva**, que, em seres humanos, é condenada pela comunidade científica internacional e explicitamente proibida pela legislação de quase todos os países.

Uma estratégia polêmica de obtenção de células-tronco envolve a **clonagem terapêutica**, técnica semelhante à utilizada no desenvolvimento de clones animais, como a ovelha Dolly. Nessa modalidade de clonagem, cuja finalidade é a obtenção de material terapêutico (para tratamento de enfermidades), um ovócito secundário obtido de doadora tem o núcleo mecanicamente removido; em seu lugar é introduzido o núcleo de uma célula adulta, já diferenciada. A seguir, a célula é quimicamente estimulada a se dividir, até atingir o estágio de blástula, com centenas de células.

Do embrião clonado, extraem-se células-tronco indiferenciadas, que, teoricamente, podem se diferenciar em neurônios (células nervosas), células ósseas, células musculares, células de revestimento interno de vasos sanguíneos ou qualquer outra.

Vislumbra-se, dessa maneira, um largo campo de possibilidades no tratamento de numerosas doenças, como as lesões de medula espinal decorrentes de trauma da coluna vertebral.

► Terapia com células-tronco

Sob determinadas circunstâncias, as células-tronco podem originar tipos específicos de células diferenciadas. Isso ocorre, particularmente, quando elas são mantidas em contato com células de determinado tipo. Por exemplo: células-tronco mantidas na proximidade de células musculares tendem a se converter em células musculares. Por causa dessa capacidade, as células-tronco têm sido usadas no tratamento de algumas doenças degenerativas.

Existem diversos casos documentados de sucesso com essa técnica no tratamento, por exemplo, de infarto do miocárdio. Após sofrer o infarto, certo número de células do miocárdio (músculo cardíaco) morre, em decorrência da má oxigenação. Com a perda de massa muscular funcionante, a capacidade contrátil do coração fica prejudicada a ponto de, em casos graves, comprometer a força de bombeamento do sangue. Em certos casos, a solução é o transplante cardíaco.

O emprego de células-tronco, no entanto, tem mostrado um novo caminho. Essas células, que são obtidas, por exemplo, de punção da medula óssea, são depois injetadas diretamente no miocárdio ou no sangue, de onde migram para o miocárdio. Havendo a diferenciação dessas células em células musculares cardíacas, ocorre a regeneração do músculo cardíaco, e sua função é restabelecida.

A terapia com células-tronco, portanto, é um tratamento em que se faz a substituição de tecidos lesados (doentes) por tecidos saudáveis, obtidos da diferenciação de células-tronco. Atualmente, essa forma de tratamento está sendo usada ou pesquisada em casos de doença de Parkinson, diabetes melito, distrofia muscular, esclerose múltipla, lesões de medula espinal (como a secção por acidentes), doença de Alzheimer, doenças cardíacas, problemas renais e disfunções hepáticas.

A notícia

Pela primeira vez, cientistas transformam célula adulta em célula-tronco embrionária

Para isso, pesquisadores utilizaram técnica de clonagem. Células-tronco embrionárias são capazes de dar origem a diversos tecidos do organismo

Pela primeira vez, especialistas conseguiram transformar células adultas humanas em células-tronco embrionárias. O feito foi realizado por meio de uma técnica de clonagem e recebido pela comunidade científica como um grande avanço e uma nova esperança para o tratamento de doenças hoje incuráveis. [...]

Essas células existem no organismo apenas durante um curto período, no início do desenvolvimento embrionário. Depois, elas se diferenciam — dando origem a um órgão, por exemplo — e perdem sua capacidade de gerar outros tipos de célula.

Técnica — A nova pesquisa utilizou uma técnica chamada transferência nuclear de células somáticas. Nela, o material genético de um óvulo não fertilizado é retirado e substituído pelo DNA de

células comuns de um doador. Depois, os cientistas induzem um processo de divisão celular que leva ao surgimento de um embrião com o mesmo genoma da célula doadora. Esse embrião cria um conjunto de células-tronco que têm a capacidade de dar origem a qualquer célula ou tecido do corpo humano. E, como o material genético das células embrionárias pertence ao próprio doador, não há risco de que ele rejeite as células reprogramadas, como pode acontecer em um transplante, por exemplo.

Essa abordagem foi desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Oregon, nos Estados Unidos, que a aplicaram pela primeira vez em um estudo publicado no ano passado [2013]. No entanto, eles obtiveram as células-tronco embrionárias a partir de células de um bebê, e

não de adultos. Na nova pesquisa, o DNA inserido nos óvulos veio das células da pele de dois homens, um de 35 e outro de 75 anos. [...]

Busca — Durante mais de dez anos de estudos, os pesquisadores falharam na busca por células embrionárias. Em 2006, o cientista japonês Shinya Yamanaka conseguiu criar um tipo artificial de célula-tronco, produzido a partir de alterações genéticas em células adultas normais. São as chamadas células-tronco pluripotentes induzidas. A descoberta rendeu o Nobel de Medicina em 2012 ao pesquisador. [...]

Pela primeira vez, cientistas transformam célula adulta em célula-tronco embrionária. **Veja.com/** Agence France Presse, 22 abr. 2014. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/pela-primeira-vez-estudo-transforma-celulas-adultas-em-celulas-tronco-embrionarias/>>. Acesso em: jan. 2016.

Atividades

Escreva
no caderno

Depois de ler as notícias, faça o que se pede:

1. Elabore um texto que explique, em linhas gerais, em que consiste a nova técnica descrita na reportagem acima.
2. Explique por que, no tratamento de algumas doenças, o uso de células obtidas por meio da técnica descrita não traz risco de rejeição.

1. Leia o trecho a seguir.

O desenvolvimento humano inicia-se na fertilização, quando um gameta masculino (ou espermatozoide) se une ao gameta feminino (ou ovócito) para formar uma única célula (o zigoto). Esta célula totipotente e altamente especializada marca o início de cada um de nós como indivíduo único.

MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N. *Embriologia clínica*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

- Por que o texto faz menção ao ovócito, e não ao óvulo, como sendo o gameta feminino?
 - Explique a caracterização do zigoto como uma “célula totipotente”.
 - Na embriogênese normal, que período se inicia imediatamente após o evento relatado neste trecho?
2. Na espécie humana, após a fecundação, o zigoto sofre sucessivas divisões celulares, dando origem às numerosas células embrionárias. Ao longo do processo, as células especializam-se, de forma que o embrião pode ser classificado em diferentes estágios do desenvolvimento. Dois desses estágios são a blástula e a gástrula. Durante a gastrulação, as células movimentam-se e determinam o aparecimento de uma cavidade e a formação das diversas estruturas embrionárias. Responda:

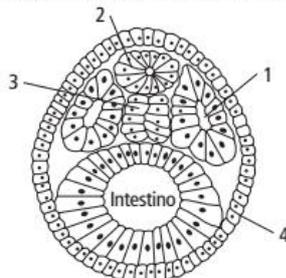
- Qual é o nome da cavidade interna do embrião na fase de blástula?
- Que estruturas surgem na transição da blástula para a gástrula?
- Que estágio sucede a gástrula? Cite as estruturas que se desenvolvem nesse estágio.

3. (UFSCar-SP)

As mais versáteis são as células-tronco embrionárias (TE), isoladas pela primeira vez em camundongos há mais de vinte anos. As células TE vêm da região de um embrião muito jovem que, no desenvolvimento normal, forma as três camadas germinativas distintas de um embrião mais maduro e, em última análise, todos os diferentes tecidos do corpo.

Revista *Scientific American Brasil*

- Quais são as três camadas germinativas a que o texto se refere?
 - Ossos, encéfalo e pulmão têm, respectivamente, origem em quais dessas camadas germinativas?
4. (Vunesp-SP) A figura representa o esquema de um corte transversal de um embrião de cordado na fase de nêurula.



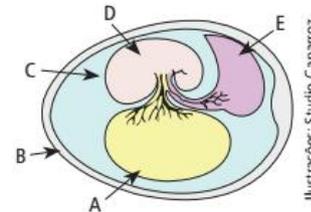
Observe o esquema e responda.

- Que estrutura se originará de porção embrionária apontada pela seta 2, e que estrutura se formará, nos mamíferos adultos, no lugar da estrutura indicada pela seta 3?
- Quais fases da embriogênese antecedem a fase de nêurula?

5. Relacione cada tecido ou estrutura com o folheto embrionário que lhe dá origem:

- | | |
|----------------|--|
| I. Ectoderma | (a) Tecido ósseo |
| II. Mesoderma | (b) Sistema nervoso |
| III. Endoderma | (c) Rins |
| | (d) Fígado |
| | (e) Glândulas mamárias |
| | (f) Revestimento interno do intestino |
| | (g) Epiderme |
| | (h) Pâncreas |
| | (i) Tecido muscular cardíaco |
| | (j) Revestimento interno dos brônquios |

6. Entre os vertebrados, foram os anfíbios os primeiros a ocuparem o ambiente terrestre; no entanto, eles ainda necessitam da água para a reprodução. A completa independência da água foi obtida posteriormente, por meio de inovações adaptativas entre as quais aquelas associadas ao ovo, representado a seguir:



Ilustrações: Studio Caparroz

- Identifique as estruturas assinaladas pelas letras de A a E.
- Dessas estruturas, quais estão ausentes em ovos de anfíbios?
- Cite outra adaptação à vida em ambiente terrestre também associada aos processos reprodutivos.

7. (UFRJ) A gema do ovo de uma galinha é formada por uma única célula, o óvulo, caso não tenha sido fecundada pelo espermatozoide do galo. Nessa célula, a grande massa amarela corresponde à reserva nutritiva, chamada vitelo. Por outro lado, um animal muito maior, como a vaca, produz óvulos microscópicos. Explique por que, necessariamente, o óvulo da galinha é maior que o da vaca.

8. (UFPR) No desenvolvimento humano, após a fertilização, o zigoto entra em um processo de sucessivas clivagens, produzindo um embrião multicelular. Cerca de uma semana após a fertilização, o embrião consiste em uma esfera oca, denominada blastocisto, que irá se implantar na parede uterina e prosseguir no desenvolvimento embrionário, passando pelos processos de gastrulação, neurulação e organogênese. As células-tronco embrionárias são obtidas de embriões humanos no estágio de blastocisto. Essas células têm sido alvo de crescentes e polêmicas investigações científicas, graças à sua potencialidade de diferenciar-se em qualquer um dos mais de 200 tipos celulares humanos, havendo interesse na sua utilização para fins terapêuticos. Em razão da sua totipotência, as células-tronco embrionárias talvez possam funcionar como células substitutas em diversos tecidos lesionados ou doentes.

- Cite uma alteração importante que ocorre no embrião durante (1) a clivagem, (2) a gastrulação e (3) a neurulação.
- O que é totipotência?
- Por que geralmente são utilizadas células provenientes do blastocisto, e não de uma gástrula ou nêurula, para produzir células com fins terapêuticos?

Células-tronco: dúvidas e desafios

Nobel de Medicina premia cientistas por trabalhos com células-tronco

O japonês Shinya Yamanaka e o britânico John B. Gurdon revolucionaram a compreensão científica de como se desenvolvem as células e os organismos

O Instituto Karolinska, de Estocolmo, ofereceu o Prêmio Nobel de Medicina de 2012 ao britânico John B. Gurdon, de 79 anos, e ao japonês Shinya Yamanaka, de 50, pesquisadores de células-tronco, nesta segunda-feira (8). Cada vencedor levará 8 milhões de coroas, equivalentes a R\$ 2,4 milhões. Os dois cientistas foram premiados por descobrir como se pode “reprogramar” células maduras para que se “transformem em células imaturas capazes de se transformar em qualquer tipo de tecido”, o que revolucionou a compreensão científica de como se desenvolvem as células e os organismos.

Os porta-vozes do Instituto Karolinska afirmaram que Gurdon descobriu em 1962 que a “especialização das células é reversível”, enquanto Yamanaka descreveu, 40 anos depois, como “células maduras intactas” podiam ser “reprogramadas para se transformar em células-tronco”. “Esta descoberta revolucionária mudou completamente nossa visão do desenvolvimento e da especialização celular. Agora entendemos que as células maduras não têm por que ficar confinadas para sempre em seu estado especializado”, disse o instituto. [...]

Nobel de Medicina premia cientistas por trabalhos com células-tronco. Agência EFE/Época. 8 out. 2012. Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Mundo/noticia/2012/10/nobel-de-medicina-premia-cientistas-por-trabalhos-com-celulas-tronco.html>>. Acesso em: abr. 2016.

The Asahi Shimbun/contribuidor/Getty Images



O japonês Shinya Yamanaka e o britânico John B. Gurdon receberam o Nobel de Medicina ou Fisiologia de 2012 por pesquisas com células-tronco.

Texto 1

Células-tronco: o tempo é o senhor da razão

Em 29 de maio de 2008, com grande cobertura da imprensa, aconteceu o início do julgamento da constitucionalidade da lei sobre a utilização de células embrionárias para experiências científicas.

Isso aconteceu por força da Ação Direta de Inconstitucionalidade proposta pela Procuradoria-Geral da República, que entendia ser inconstitucional a destruição de seres humanos em sua forma embrionária.

Representando a CNBB, mostrei, da tribuna do STF, que tais experiências — um fantástico insucesso nestes 15 anos de pesquisas em todo o mundo — seriam desnecessárias.

Dizia isso pois, três meses antes, o médico japonês Shinya Yamanaka conseguira, reprogramando as células-tronco adultas (células do próprio organismo humano), obter os mesmos efeitos pluripotentes — ou seja, a possibilidade de dar origem a praticamente todos os tecidos do organismo humano.

Alegava-se que pluripotentes eram as células embrionárias. Elas seriam indispensáveis para o sucesso das experiências. Mas essas experiências, na verdade, foram sucessivamente malsucedidas.

Dizia-se ainda, à época, que as células-tronco adultas teriam efeitos apenas multipotentes, curando algumas doenças e não todas. Apenas as células embrionárias poderiam curar todas as doenças, quando fossem solucionados os problemas de rejeição e formação de teratomas (tumores).

Mostrei, na ocasião, que a Academia de Ciências do Vaticano — que possuía, então, 29 prêmios Nobel, no quadro de seus 80 acadêmicos — discutira a matéria, concluindo que o zigoto (primeira célula) é um ser humano, com todos os sinais que constituirão a sua integralidade, quando adulto.

Mostrei, inclusive, que, nos Estados Unidos, já ocorria a adoção de células embrionárias por casais sem filhos e que, na Alemanha, as experiências com células embrionárias não podiam ser feitas com material proveniente de mulheres alemãs, mas apenas com óvulos de mulheres de outros países.

Por fim, para não alongar este artigo, cercado por uma legião de cadeirantes, mostrei-lhes que as experiências com células embrionárias geravam tumores e rejeição nas experiências realizadas com animais.

Isso não acontecia, porém, nas experiências de reprogramação celular de Thompson e Yamanaka, por serem células do próprio organismo.

O certo é que, por seis votos a cinco, o Supremo Tribunal Federal optou pelas experiências com a destruição de seres humanos na sua forma embrionária, provocando inversão maior de recursos públicos nas experiências malsucedidas (apesar das questões éticas envolvidas) e menor nos bem-sucedidos experimentos com células adultas.

Autriano Vizentini/Folhapress



Ives Gandra da Silva Martins.¹

Felizmente, a Academia Sueca, ao outorgar o Prêmio Nobel a Yamanaka, sinalizou o que realmente se pode esperar das experiências com as células adultas reprogramadas para efeitos pluripotentes, que não geram rejeição, teratomas ou problemas éticos de qualquer natureza.

O prêmio a Yamanaka demonstra nitidamente que as experiências com as células embrionárias não sensibilizaram os acadêmicos suecos.

O tempo é sempre o senhor da verdade.

MARTINS, I. G. S. Células-tronco: o tempo é o senhor da razão. *Folha de S.Paulo*. 21 out. 2012. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniaio/73202-celulas-tronco-o-tempo-e-o-senhor-da-razao.shtml>>.

Acesso em: abr. 2016.

¹ Advogado, jurista e professor emérito da Universidade Mackenzie, da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército e da Escola Superior de Guerra, membro da Academia Paulista de Letras.

Texto 2

Em busca do tempo perdido: células-tronco

Por Mayana Zatz e Martha San Juan França

Todos nós descendemos de uma célula-tronco resultante da fusão do espermatozoide com o óvulo. No início da divisão embrionária, enquanto essa célula se divide em duas, quatro, até a fase de oito células, cada uma delas é capaz de se desenvolver em um ser humano completo. Passadas 72 horas desde a fecundação, o embrião — agora com cerca de 100 células — é chamado de blastocisto. As células internas do blastocisto são chamadas de células-tronco embrionárias pluripotentes e vão originar as centenas de tecidos que compõem o corpo humano, mas não possuem mais o potencial para formar um organismo completo.

A partir de um determinado momento, as células somáticas, que são todas iguais, começam a se diferenciar em vários tecidos: sangue, fígado, músculo, cérebro, ossos etc. Não se sabe o que determina essa mudança. Mas, uma vez diferenciadas, essas células perdem a capacidade de serem pluripotentes, ou seja, de originar qualquer tecido.

Em 1996, os pesquisadores escoceses Ian Wilmut e Keith Campbell, do Instituto Roslin, conseguiram clonar o primeiro mamífero por transferência de núcleo, ou seja, o núcleo de uma célula somática da glândula mamária de uma ovelha foi retirado e colocado em um óvulo de outra, cujo núcleo foi previamente retirado. Surpreendentemente, o óvulo começou a se comportar como um óvulo recém-fecundado por um espermatozoide.

Para obtenção do clone, ou seja, de um animal idêntico à “mãe”, o óvulo foi inserido no útero de uma ovelha.

Se alguém quisesse clonar um ser humano, teria que fazer o mesmo processo: retirar o núcleo de uma célula somática de qualquer tecido, inserir em um óvulo e depois implantar esse óvulo no útero de uma mulher que funcionaria como barriga de aluguel. Esse processo, no entanto, não é simples. Só para ter uma ideia, Dolly só nasceu depois de 276 tentativas fracassadas.

Outras experiências com diferentes modelos animais mostraram que a reprogramação da célula somática para um estágio embrionário indiferenciado, que originou Dolly, é extremamente complicado e pode dar origem a deformações. Mas se o processo é difícil, outro promete ser mais compensador. Em 2007, dois grupos independentes de pesquisadores (Shinya Yamanaka, da Universidade de Kioto, no Japão, e James Thomson, nos Estados Unidos) conseguiram reprogramar células adultas (retiradas da pele) para fazê-las voltar ao estágio de células-tronco embrionárias, através da ativação de alguns

genes. Essas células reprogramadas foram chamadas de IPS (do inglês *induced pluripotent stem-cells*).

A técnica, que foi iniciada em camundongos, foi replicada com células humanas e hoje já é rotina em vários laboratórios do mundo. A vantagem é que ela não requer óvulos humanos, que além de difíceis de serem obtidos, estão associados a problemas éticos. Além disso, prometem ter uma aplicação extraordinária em pesquisas relacionadas a doenças genéticas. Por exemplo: a partir da célula de um doente, é possível obter linhagens celulares que seriam impossíveis no ser humano. E, desse modo, se poderia, teoricamente, corrigir mutações genéticas e assim desenvolver tratamentos e até remédios contra essas doenças.

A técnica também pode significar grande avanço para o transplante de órgãos. No futuro, teoricamente, pode ser possível fabricar tecidos e órgãos em quantidade suficiente para suprir a demanda dos doentes.

Como se pode obter as células-tronco para desenvolver essas terapias? Existem várias fontes. Uma delas são aquelas retiradas da medula óssea, do sangue, do tecido adiposo de adultos, mesmo que elas tenham um alcance limitado de diferenciação. Já foram realizadas experiências com essas células em pacientes cardíacos e em doentes com esclerose múltipla, acidente vascular e diabetes. Mas os resultados preliminares ainda são controversos.

Outra fonte seria o sangue do cordão umbilical e placenta. Do mesmo modo que as células-tronco da medula óssea, essas células podem curar pacientes afetados por leucemias e algumas formas de anemia, além de outras doenças da medula. Daí o interesse em criar bancos públicos de cordão, semelhantes a bancos de sangue, com amostras que poderiam servir para doações para receptores compatíveis.

Também as células-tronco da polpa de dentes se mostram promissoras. Em pesquisas recentes, elas demonstraram capacidade para originar osso, músculo, gordura, cartilagem e neurônios. O tecido adiposo, que pode ser obtido de lipoaspiração ou quando se realizam procedimentos cirúrgicos, também pode dar origem a essas células. Enfim, há várias fontes que estão sendo pesquisadas com diferentes finalidades sem que seja preciso obtê-las de embriões.

Recentemente, no entanto, foi aprovada pela Câmara dos Deputados (2005) e pelo Supremo Tribunal Federal (2008) a Lei de Biossegurança que permite aos cientistas realizar pesquisas com essas células e trabalhar para encontrar tratamentos para doenças genéticas até hoje incuráveis e para lesões físicas irreversíveis. No caso das células-tronco embrionárias, obtidas de embriões não utilizados e congelados em clínicas de fertilização, elas são as únicas capazes de gerar todos os tecidos humanos. Os opositores das pesquisas com essas células para fins terapêuticos argumentam que isso pode gerar um comércio de embriões e que não seria ético destruir uma vida para salvar outra. Apesar disso, essas pesquisas são defendidas pelas pessoas que poderão se beneficiar dessa técnica e pela maioria dos cientistas.



Mayana Zatz.¹

Depois da leitura dos textos, faça o que se pede:

Escreva
no caderno

1. Aponte a ideia central dos textos 1 e 2 e identifique os principais argumentos de cada autor.
2. Os textos expressam opiniões convergentes ou antagônicas? Localize palavras e/ou frases que expressam convergência ou oposição.
3. Qual é sua opinião a respeito?
4. Discuta as opiniões dos autores e a sua própria opinião, confrontando-as com a dos seus colegas.

¹ Professora titular de Genética Humana do Departamento de Biologia da USP, coordenadora do Centro de Estudos do Genoma Humano, presidente da Associação Brasileira de Distrofia Muscular e membro da Academia Brasileira de Ciências.

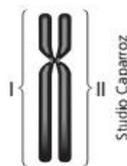
1. A imagem abaixo mostra um tipo de célula do sangue, as hemácias, que são responsáveis pelo transporte de oxigênio.



Sebastian Kaulitzki/Shutterstock.com

A respeito dessas células, explique por que não podem ser utilizadas para a extração de DNA (por exemplo, em casos de testes de paternidade).

2. (Unicamp-SP) Uma célula que apresenta grande quantidade de síntese proteica tende a apresentar, em geral, um grande nucléolo. Explique esta relação.
3. (Unifesp-SP) Analise a figura:



A figura representa um cromossomo em metáfase mitótica. Portanto, os números I e II correspondem a:

- a) cromossomos emparelhados na meiose, cada um com uma molécula diferente de DNA.
- b) cromátides não irmãs, cada uma com uma molécula idêntica de DNA.
- c) cromátides-irmãs, cada uma com duas moléculas diferentes de DNA.
- d) cromátides-irmãs, com duas moléculas idênticas de DNA.**
- e) cromossomos duplicados, com duas moléculas diferentes de DNA.
4. Dê como resposta a soma dos números dos itens corretos.
- (01) A membrana plasmática é constituída por uma camada bimolecular de lipídios associados a moléculas de proteínas irregularmente distribuídas.
- (02) Células secretoras do pâncreas possuem complexo golgiense desenvolvido, associado à liberação de enzimas digestivas.
- (04) Compostos por DNA e lipídios, os ribossomos participam da síntese de proteínas.
- (08) Presente em procariontes e eucariontes, o núcleo celular difere na forma que exhibe nas células desses dois tipos de organismos.
- (16) Durante a divisão celular, os filamentos de cromatina podem ser vistos ao microscópio óptico na forma de corpúsculos individualizados, denominados cromossomos.
- (32) Se um espermatozoide de cavalo (*Equus caballus*) possui 33 cromossomos, um neurônio normal deve apresentar 66 cromossomos.

(64) Sabendo-se que o carneiro (*Ovis aries*) possui 54 cromossomos em seus neurônios normais, uma célula muscular normal deve apresentar 52 autossomos.

Soma: 115 (01 + 02 + 16 + 32 + 64)

5. (UFRJ) Certos produtos químicos podem bloquear a divisão celular, destruindo o fuso acromático e danificando os cromossomos. Esses produtos são usados como quimioterápicos no tratamento de pacientes com câncer. Em geral as células cancerosas estão em constante divisão. Apesar de a quimioterapia exibir grande eficiência terapêutica, pessoas submetidas a ela podem sofrer efeitos colaterais, devido ao efeito dos quimioterápicos sobre as células normais.
- Que tecidos humanos são mais sensíveis aos efeitos colaterais dos quimioterápicos: os tecidos epitelial e hematopoético ou os tecidos muscular e nervoso? Justifique sua resposta.
6. (Unicamp-SP) A síndrome de Down, também chamada trissomia do cromossomo 21, afeta cerca de 0,2% dos recém-nascidos. A síndrome é causada pela presença de um cromossomo 21 a mais nas células dos afetados, isto é, em vez de dois cromossomos 21, a pessoa tem três. A trissomia do cromossomo 21 é originada durante as anáfases I ou II da meiose.
- a) Quando ocorre a meiose? Cite um evento que só ocorre na meiose [e não na mitose].
- b) Explique os processos que ocorrem na anáfase I e na anáfase II que levam à formação de células com três cromossomos 21.
7. (UFRGS-RS) Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas do texto abaixo.
- A menina, ao nascer, já realizou as fases de multiplicação e crescimento do processo denominado gametogênese, possuindo um grande número de // em processo interrompido de //. Essas últimas células são //.
- a) óvulos – meiose – haploides
- b) ovócitos I – mitose – haploides
- c) ovócitos II – meiose – haploides
- d) ovócitos I – meiose – diploides**
- e) corpúsculos polares – mitose – diploides
8. (Unicamp-SP) Nos animais a meiose é o processo básico para a formação dos gametas. Nos mamíferos há diferenças entre a gametogênese masculina e a feminina.
- a) Nos machos, a partir de um espermatócito primário obtêm-se 4 espermatozoides. Que produtos finais são obtidos de um ovócito primário? Em que número?
- b) Se um espermatócito primário apresenta 20 cromossomos, quantos cromossomos serão encontrados em cada espermatozoide? Explique.
- c) Além do tamanho, os gametas masculinos e femininos apresentam outras diferenças entre si. Cite uma delas.
9. Na evolução dos vertebrados, o advento da fecundação interna representou importante aumento da chance de sucesso reprodutivo. Cite alguns argumentos que justifiquem esta afirmação.

10. Em termos biológicos, explique o sentido da fala do garoto no último quadro da tirinha.



11. Interessado em clonar animais em vias de extinção, um cientista apresentou os seguintes métodos:

Método A

1. Pelo uso de hormônios, uma fêmea (animal X) é estimulada a produzir vários óvulos.
2. Cinco óvulos não fecundados, retirados da fêmea X, são inseminados *in vitro* com espermatozoides obtidos de um só macho (animal Y).
3. Depois de alguns dias em meio de cultura adequado, obtêm-se cinco embriões em estágio de mórula.
4. Por micromanipulação, todas as mórulas são bipartidas, formando-se dez embriões.
5. De cada mórula bipartida, um embrião é implantado no útero da fêmea X, enquanto o outro é implantado no útero de uma fêmea receptora (animal Z) da mesma espécie.
6. Todos os embriões implantados desenvolvem-se normalmente, gerando dez indivíduos.

Método B

1. Pelo uso de hormônios, uma fêmea (animal W) é estimulada a produzir vários óvulos.
2. Dez óvulos não fecundados são retirados da fêmea W, e seus núcleos são removidos.
3. Extraem-se núcleos de células da pele de outra fêmea (animal K) da mesma espécie.
4. Os núcleos extraídos das células da pele da fêmea K são implantados nos dez óvulos sem núcleo obtidos da fêmea W.
5. As células assim formadas são mantidas em meio de cultura adequado e começam a se dividir, cada um formando uma mórula.
6. Os dez embriões são implantados no útero de outra fêmea (animal M) da mesma espécie.
7. Todos os embriões implantados desenvolvem-se normalmente, gerando dez indivíduos.

Pergunta-se:

- a) Os animais obtidos pelo método A são geneticamente iguais à fêmea X? Justifique.
- b) Os animais obtidos pelo método A podem ser considerados clones? Justifique.
- c) Os animais obtidos pelo método B podem ser considerados clones? Justifique.

12. (Fuvest-SP) Leia este texto.

Piaimã virou o herói de cabeça para baixo. Então Macunaíma fez cócegas com os ramos nas orelhas do gigante [...]. Chegaram no hol. Por debaixo da escada tinha uma gaiola de ouro com passarinhos cantadores. E os passarinhos do gigante eram cobras e lagartos.

Mário de Andrade, *Macunaíma*.

a) Suponha que o gigante Piaimã tenha encontrado os ovos de lagarto e os tenha posto para chocar, pensando que fossem de aves. O exame dos anexos embrionários dos ovos desses dois grupos de animais permite diferenciar se eles são de lagartos ou de passarinhos? Justifique.

b) Considere que a gaiola esteja embaixo da escada em local frio e úmido, e com alimento disponível. Que animais — cobras, lagartos ou passarinhos — teriam maior dificuldade para sobreviver por período muito longo nessas condições? Justifique.

13. (UFBA)

Há mais de 120 milhões de anos, enquanto gigantes dinossauros destroçavam as florestas em combates titânicos, um drama mais silencioso se desenrolava sob os arbustos do Cretáceo: uma linhagem de seres minúsculos e peludos parou de pôr ovos e deu à luz seres jovens. Foram os progenitores de praticamente todos os mamíferos modernos.

(CASTELVECCHI, 2009. p. 68).

No contexto da história reprodutiva dos vertebrados,

a) identifique o órgão que torna possível “dar à luz seres jovens”.

b) explique o significado evolutivo do órgão referido, destacando as vantagens que ele confere aos mamíferos em relação aos organismos que põem ovos com casca.

14. Leia a reportagem e depois responda à questão proposta:

STF libera pesquisas com células-tronco embrionárias

O Supremo Tribunal Federal (STF) decidiu hoje [29 de maio de 2008] que as pesquisas com células-tronco embrionárias não violam o direito à vida, tampouco a dignidade da pessoa humana. [...] Para seis ministros, portanto a maioria da Corte, o artigo 5º da Lei de Biossegurança não merece reparo. [...] Outros três ministros disseram que as pesquisas podem ser feitas, mas somente se os embriões ainda viáveis não forem destruídos para a retirada das células-tronco. [...]

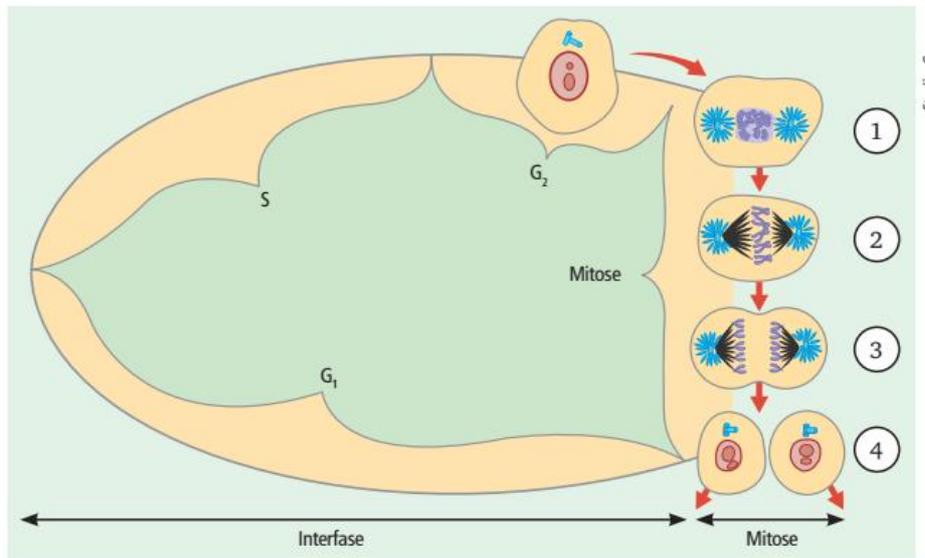
Supremo Tribunal Federal. **STF libera pesquisas com células-tronco embrionárias**. Brasília, DF, 29 maio 2008. Disponível em: <<http://stf.jus.br/portal/cms/vernoticiadetalle.asp?idconteudo=89917>>. Acesso em: abr. 2016.

Entre outras providências, a legislação brasileira sobre biossegurança permite o estudo e o emprego da terapia com células-tronco. Proíbe, todavia, qualquer forma de clonagem de embriões humanos, seja ela terapêutica ou reprodutiva. Embora autorizando pesquisas com células-tronco embrionárias, o STF manteve o impedimento às pesquisas com clonagem envolvendo embriões humanos.

a) Em linhas gerais, quais são as principais diferenças entre clonagem reprodutiva e clonagem terapêutica?

b) Explique a vantagem da utilização, no procedimento descrito, de células-tronco ao invés de células já diferenciadas.

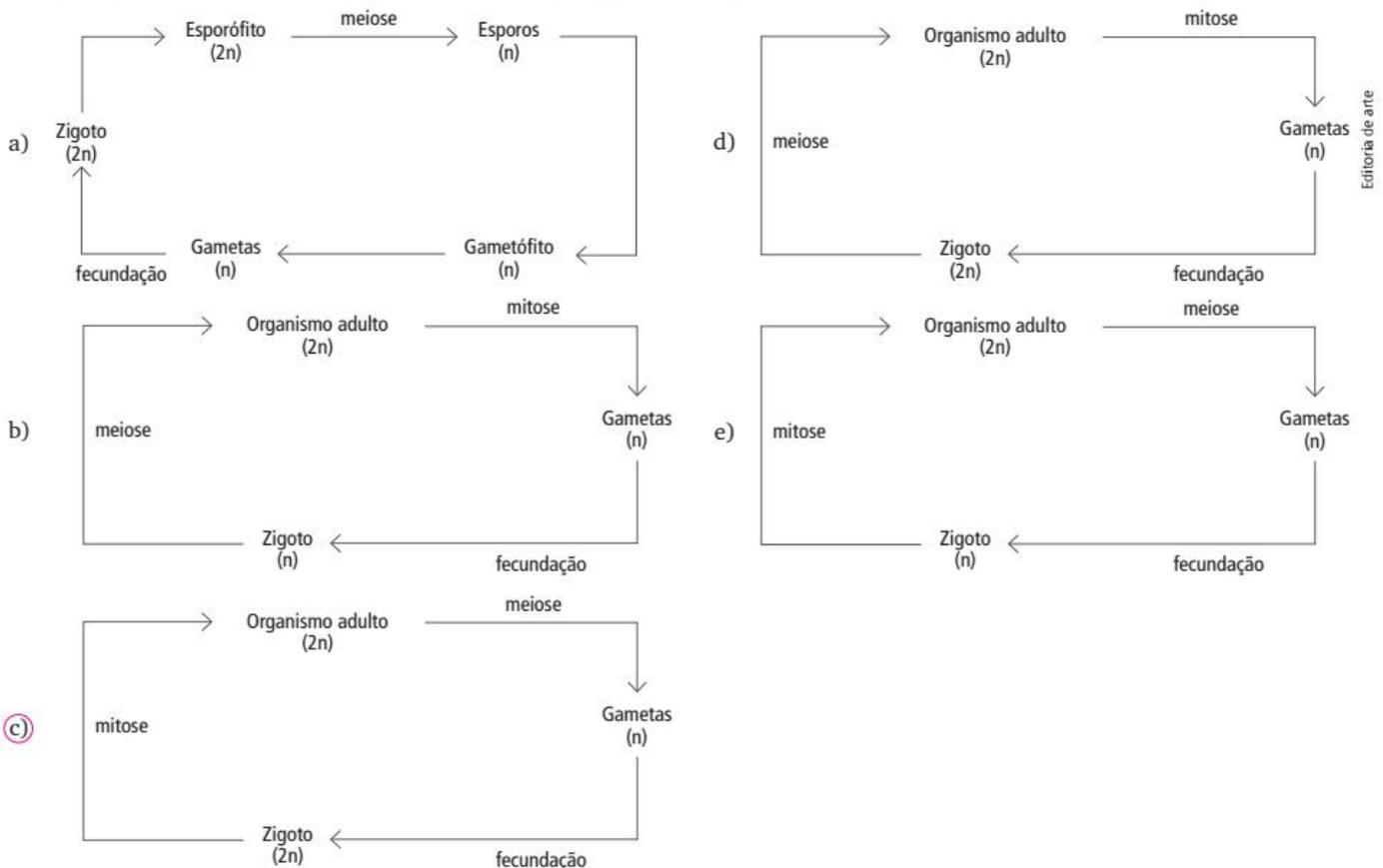
15. (UEL-PR) Analise a figura a seguir:



Studio Caparroz

Com base na figura e nos conhecimentos sobre os eventos da mitose, é correto afirmar:

- a) A fase 1 corresponde à prófase, onde cada cromátide diminui de diâmetro.
 - b) A fase 2 mostra cromossomos homólogos pareados em metáfase.
 - c) A fase 3 evidencia a atividade cinética dos microtúbulos.**
 - d) A fase 4 evidencia a ausência de citocinese em telófase.
 - e) A fase 4 evidencia a progressiva eliminação dos centríolos.
16. (Enem/MEC) Os seres vivos apresentam diferentes ciclos de vida, caracterizados pelas fases nas quais gametas são produzidos e pelos processos reprodutivos que resultam na geração de novos indivíduos. Considerando-se um modelo simplificado padrão para geração de indivíduos viáveis, a alternativa que corresponde ao observado em seres humanos é:



Editoria de arte

1. Leia o trecho a seguir, extraído do livro **Contra o método**, de Paul Feyerabend (Editora Unesp: SP, 2007).

Ora, é evidentemente possível simplificar o meio em que um cientista trabalha pela simplificação de seus atores principais. A história da ciência, afinal de contas, não consiste simplesmente em fatos e conclusões extraídas de fatos. Também contém ideias, interpretações de fatos, problemas criados por interpretações conflitantes, erros e assim por diante. Em uma análise mais detalhada, até mesmo descobrimos que a ciência não conhece, de modo algum, “fatos nus”, mas que todos os “fatos” de que tomamos conhecimento já são vistos de certo modo e são, portanto, essencialmente ideacionais. Se é assim, a história da ciência será tão complexa, caótica, repleta de enganos e interesses quanto as ideias que encerra, e essas ideias serão tão complexas, caóticas, repletas de enganos e interesses quanto a mente daqueles que as inventaram. Inversamente, uma pequena lavagem cerebral fará muito no sentido de tornar a história.

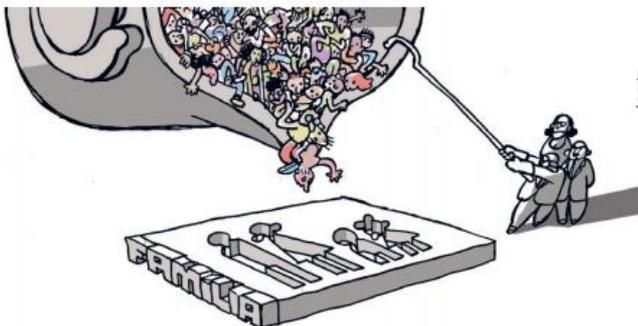
- a) De acordo com o autor, o que seriam os “fatos nus”?
 b) Em última análise, por que a história das descobertas é “complexa, caótica, repleta de enganos e interessante”?

2. A duração das fases da mitose varia de célula para célula.

Duração das fases da mitose em diferentes tipos celulares				
Tipo celular	Prófase	Metáfase	Anáfase	Telófase
Ovo de drosófila	4 min	30 s	1 min	50 s
Fibroblasto de frango	45 min	6 min	2 min	10 min
Hepatócito de rato	4 h	10 min	30 min	30 min

Escolha duas entre as células citadas na tabela. Para uma delas, represente no seu caderno a duração das fases da mitose em um gráfico de colunas e, para a outra, em um gráfico de setor (mais conhecido como gráfico de “pizza”).

3. Nas semanas em que o Congresso Nacional discutia um projeto de lei que propunha regulamentar o conceito de família, o jornal **Folha de S.Paulo** publicou a seguinte charge:



Explique o sentido de humor da charge.

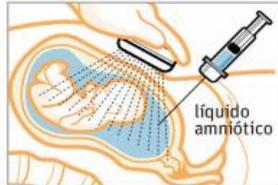
4. Leia e analise o infográfico abaixo, e em seguida responda às questões.

MENOS INVASIVO

Novo teste detecta problemas cromossômicos

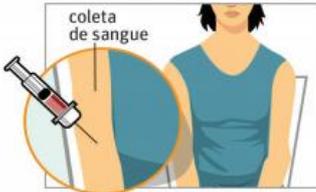
OS EXAMES

Como é feito hoje
 > O exame é invasivo. Pode ser feita a **amniocentese** (coleta de líquido amniótico) ou a **biópsia do vilo corial** (amostra da placenta)



> Risco: até 1% de complicações, inclusive abortamento

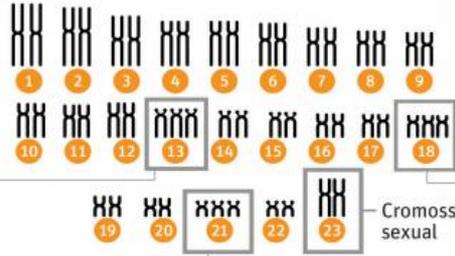
COMO É O NOVO TESTE
 > Os cientistas medem as sequências de genes no DNA fetal que circula no plasma da mãe



> Risco: 0,2% de falso positivo

Preço do exame: R\$ 3.500

AS SÍNDROMES



Síndrome de Patau
 Causada por um terceiro cromossomo no 13º par. Gera várias anomalias e reduz as chances de sobrevivência > 1 em 20 mil bebês tem o problema

Síndrome de Down
 Provoca retardo mental. É causada pela presença de um terceiro cromossomo 21 > 1 em 800 bebês tem o problema

Síndrome de Edwards
 Causa anomalias faciais e defeitos cardíacos. O bebê tem poucas chances de sobreviver. É causada por um terceiro cromossomo 18 > 1 em 6.000 bebês tem o problema

Síndrome de Turner
 Afeta só meninas. Um dos cromossomos X não existe ou tem alterações. Causa baixa estatura e problemas de desenvolvimento sexual > 1 em 3.000 bebês tem o problema

Triplo X
 Ocorre só em meninas, quando há um cromossomo X a mais no 23º par. Em geral é assintomático > 1 em cada 1.000 meninas tem o problema

Síndrome de Klinefelter
 Só acontece com meninos, quando há um cromossomo X a mais no 23º par. Pode causar atraso mental e deficiências motoras > 1 em 850 garotos tem o problema

Fonte: Folha de S.Paulo, 23 jan. 2013.

- a) Atualmente, como é obtido material para análise cromossômica do feto?
 b) Das síndromes apresentadas, qual é a mais frequente? E a mais rara?
 c) Considerando as formas clássicas da síndrome de Down e da síndrome de Edwards, quantos cromossomos seriam encontrados nas células somáticas de uma pessoa que tivesse, concomitantemente, essas duas alterações cromossômicas?

5. Leia o texto a seguir para responder às questões em seu caderno.

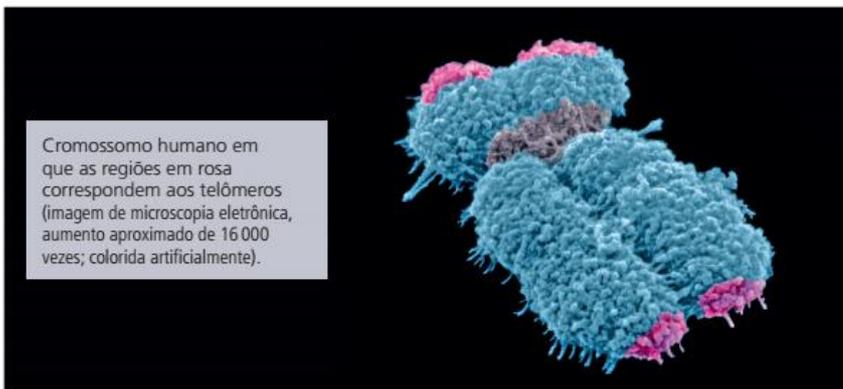
Mudar o estilo de vida pode reverter envelhecimento celular

Os pesquisadores sabem há bastante tempo que mudanças no estilo de vida – como a adoção de dietas e a prática de exercícios físicos – podem melhorar a saúde de um indivíduo, prevenindo problemas cardíacos e aumentando sua expectativa de vida. Uma pesquisa publicada na revista *The Lancet Oncology* [...] mostra, pela primeira vez, que essas mesmas mudanças também podem impedir, e até reverter, o envelhecimento das próprias células do indivíduo – e do DNA em seu interior.

Os telômeros são estruturas de proteína localizados no final de cada cromossomo. Eles fornecem uma proteção semelhante à presente nas pontas dos cadarços. Eles costumam envolver as extremidades do DNA, ajudando a mantê-lo estável e impedindo seu desgaste. No entanto, conforme as células se dividem, os telômeros se tornam mais curtos e mais frágeis. Assim, com o passar do tempo, eles se tornam menos capazes de proteger os cromossomos e podem ser usados como uma espécie de indicador da idade das células.

Os pesquisadores já sabem que comprimentos menores dos telômeros estão associados a um risco maior de morte prematura e doenças relacionadas com a idade, incluindo muitas formas de câncer – como o de mama, próstata, pulmão e colorretal –, doenças cardiovasculares, demência, AVC, osteoporose e diabetes.

Em seu estudo, os pesquisadores da Universidade da Califórnia, nos Estados



Cromossomo humano em que as regiões em rosa correspondem aos telômeros (imagem de microscopia eletrônica, aumento aproximado de 16 000 vezes; colorida artificialmente).

SPU/Latinstock

Unidos, analisaram se mudanças no estilo de vida poderiam ter influência direta no próprio tamanho dos telômeros e não só na saúde geral do corpo. [...]

Os cientistas mediram o comprimento dos telômeros de todos os participantes antes do início do estudo e após cinco anos. Como resultado, descobriram que os indivíduos que não passaram por nenhum tratamento apresentaram um leve envelhecimento no nível celular, com o comprimento de seus telômeros diminuindo 3%. Já os voluntários que adotaram mudanças abrangentes em seu estilo de vida rejuvenesceram – seus telômeros aumentaram, em média, 10%.

Além disso, o estudo mostrou que existe uma relação significativa entre o grau com que os indivíduos adotaram

o novo estilo de vida e a alteração em seus telômeros: quanto mais os participantes assumiram os novos comportamentos, mais seus telômeros aumentaram de tamanho. Mostraram assim que essas mudanças podem, sim, reverter o envelhecimento das células. "Se confirmarmos esses resultados em estudos de grande escala, vamos ser capazes de provar que mudanças globais no estilo de vida podem reduzir significativamente o risco de uma grande variedade de doenças e mortalidade prematura", diz Dean Ornish, pesquisador da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos, e autor do estudo.

Mudar o estilo de vida pode reverter envelhecimento celular. **Veja.com**, 18 set. 2013. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/mudar-o-estilo-de-vida-pode-reverter-envelhecimento-celular>>. Acesso em: abr. 2016.

- a) O que é o telômero?
- b) Por que o telômero pode ser comparado a um relógio molecular?

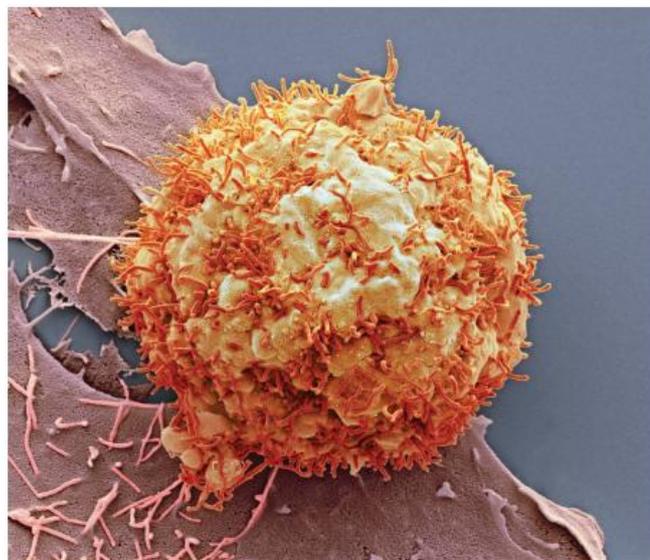
6. Leia a reportagem abaixo.

Pesquisadores do Instituto de Tecnologia do Massachusetts (MIT) testaram com sucesso, em ratos, uma terapia anti-câncer com nanopartículas que ignoram células saudáveis, mas reconhecem células tumorais e injetam nelas drogas capazes de matá-las. Mesmo recebendo doses baixas do medicamento, animais doentes tiveram redução significativa dos tumores, com muito menos efeitos colaterais. O desenvolvimento de nanopartículas eficientes na destruição de tumores e inofensivas para os tecidos sadios enfrenta dois desafios: projetá-las para que escapem da resposta imunológica normal do corpo e para que alcancem, reconheçam e ataquem apenas as células-alvo.

Fonte: **Science translational medicine**, 4 abr. 2012. (Tradução nossa).

Depois de analisar as informações do texto, responda:

- a) Como as nanopartículas citadas atuam no combate ao câncer?
- b) Qual é a principal vantagem do uso de nanopartículas?



Célula tumoral do fígado (imagem de microscopia eletrônica, aumento aproximado de 3 300 vezes; colorida artificialmente).

STEVE GSC/HMESP/SPU/Latinstock

Analise as informações a seguir para responder às questões 7 e 8.

TÉCNICA DE DETECÇÃO DE DOENÇAS GENÉTICAS



O objetivo desta técnica é a detecção precoce de doenças hereditárias.

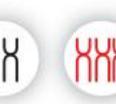
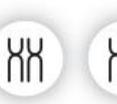


É utilizada (1) quando há histórico de alterações genéticas na família ou (2) nos programas de fertilização *in vitro*.

A técnica pode ser aplicada em gametas femininos ou em embriões. Nos últimos, apresenta melhores resultados.



Detectando alterações genéticas que afetam um único gene, evita-se a transmissão de doenças como a fibrose cística, a talassemia e a distrofia muscular.



Alterações cromossômicas afetam o número ou estrutura dos cromossomos. Portanto, a técnica permite detectar alterações como a síndrome de Down.

A Estudo genético

Depois da realização da fertilização *in vitro* e antes da transferência do embrião para o útero, estuda-se o material genético do embrião, para detectar possíveis defeitos genéticos.



É realizado quando os embriões contêm 6 ou 8 células (geralmente no terceiro dia de desenvolvimento).



B Biópsia embrionária

Uma biópsia é realizada em cada embrião, e são descartados os que apresentam anomalias cromossômicas.



C Transferência embrionária

De 1 a 3 embriões saudáveis são transferidos.



Os embriões que não forem transferidos podem ser congelados.



(Imagens sem escala; cores-fantasia.)

7. Para a detecção de alterações cromossômicas, a análise pode ser feita com células embrionárias ou com os próprios ovócitos.
- Nos casos de doenças cromossômicas de herança materna, qual deve ser a opção? Justifique sua resposta.
 - Nos casos de doenças cromossômicas de herança paterna, qual deve ser a opção? Justifique sua resposta.
8. Embriões saudáveis e não utilizados podem permanecer congelados por longos períodos.
- Pesquise e explique o que a legislação brasileira determina a respeito da conservação ou descarte de embriões em clínicas de reprodução assistida.
 - Discuta com seus colegas a determinação legal brasileira. Pesquise e compare-a com a legislação de alguns outros países. Cada grupo deve escolher um país diferente para a pesquisa e posterior comparação em sala de aula.

Tecidos animais

Desafios da pluricelularidade

Paté Zuppani/Pulsar



Catador de caranguejos em Araiões, MA, 2009.

No portal do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (disponível em: <<http://tub.im/iptwb6>>, acesso em: abr. 2016), há informações sobre as condições de exposição ao sol em cada época do ano para cada estado, possibilitando trabalhar com os alunos maneiras de se evitar riscos e se proteger adequadamente.

Onde começa o homem naquele homem

Na paisagem do rio
difícil é saber
onde começa o rio;
onde a lama
começa do rio;
onde a terra

começa da lama;
onde o homem,
onde a pele
começa da lama;
onde começa o homem
naquele homem.

João Cabral de Melo Neto¹

Representando 15% da massa do corpo humano, a pele desempenha várias funções: proteção, regulação da temperatura corporal, sensibilidade, excreção, imunidade e ativação da vitamina D.

Como outros órgãos, a pele está sujeita ao desenvolvimento de câncer. E qual é o tipo de câncer mais frequente no Brasil e no mundo? Se você respondeu câncer de pele, acertou. Entre as formas mais comuns de câncer de pele está o temido melanoma maligno, particularmente agressivo pela capacidade de se desenvolver rapidamente e de se espalhar pelo corpo.

O principal fator desencadeante de câncer de pele é a radiação ultravioleta (UV), presente na luz solar e na luz das câmaras de bronzeamento. Além do câncer de pele, essa radiação pode provocar queimaduras, fotoalergias e fotoenvelhecimento. Convém lembrar que estruturas do olho, como a córnea e a lente, também são prejudicadas pelos raios ultravioleta, o que pode ser prevenido pelo uso de óculos de sol com filtros adequados. A proteção contra a radiação ultravioleta deve começar já na infância e ser mantida durante as outras fases da vida.

A Terra conta com uma proteção natural contra a radiação ultravioleta — a camada de ozônio —, que se encontra rarefeita por ação dos clorofluorcarbonos (CFCs), usados por décadas. Como consequência, mais radiação ultravioleta chega à superfície da Terra, inspirando mais cuidado.

A proteção natural da pele contra a ação lesiva da radiação UV é dada por grânulos de melanina, um pigmento de cor marrom ou preta sintetizado por células chamadas melanócitos. Em combinação com outros fatores (como o caroteno e a hemoglobina), a melanina determina a cor da pele. A exposição da pele aos raios ultravioleta faz com que os grânulos de melanina fiquem mais escuros, ao mesmo tempo que estimula os melanócitos a produzi-los em maior quantidade, resultando no escurecimento da pele.

Como uma metáfora, a pele representa o limite que separa o corpo do ambiente, e assim destaca poética e tragicamente o pernambucano João Cabral de Melo Neto (1920-1999): “onde a pele / começa da lama; / onde começa o homem / naquele homem”.

Ainda metafóricamente, a pele — com seus diferentes tons — também nos separa uns dos outros. Todos nós, seres humanos, somos componentes de uma única espécie, mas durante séculos a cor da pele tem servido de base para odiosas formas de discriminação. Na raiz do racismo estão diversas causas, que não podem jamais ser explicadas por qualquer razão biológica. Escreve o paleontólogo norte-americano Stephen Jay Gould (1941-2002)²:

Passamos por este mundo apenas uma vez. Poucas tragédias podem ser maiores que a atrofia da vida; poucas injustiças podem ser mais profundas do que ser privado da oportunidade de competir, ou mesmo de ter esperança, por causa da imposição de um limite externo, mas que se tenta passar por interno.

Gould é conhecido por sua luta contra o determinismo genético, tese reducionista que procura encontrar uma causa biológica para todos os aspectos da vida humana. E a cor da pele é um desses limites externos, mas que se tenta passar por interno para justificar o racismo, deplorável em qualquer uma das suas faces.

¹ MELO NETO, J. C. de. *O cão sem plumas*. Rio de Janeiro: Alfabeta Brasil, 2007.

² GOULD, S. J. *A falsa medida do homem*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

Vida, um desafio permanente



Figura 1. Grande parte do sucesso evolutivo das espécies deve-se à capacidade de sustentar, movimentar e proteger o corpo. (Na foto, macaco-prego, *Cebus albifrons*, 30 cm de altura, na Floresta Amazônica.)

Não existe vida sem célula. Mesmo os vírus, que são acelulares, têm atividades vitais no interior de células hospedeiras. Nos seres unicelulares (como bactérias e protozoários), a célula única é o próprio organismo e, como tal, exibe estruturas e funções capazes de manter a vida. O **paramécio**, por exemplo, um protozoário de vida livre encontrado em águas de riachos e lagoas, é constituído por uma única célula, que desempenha as atividades necessárias à sobrevivência e à reprodução: locomove-se, captura e digere alimentos, troca gases com a água, elimina resíduos e pode originar outros paramécios.

Nas sociedades humanas, há divisão de tarefas, e os indivíduos especializam-se em certas atividades. Algo semelhante ocorre no corpo dos seres pluricelulares, formado por bilhões ou trilhões de células, de variados tipos e funções. Organismos pluricelulares (como plantas e animais) têm organização corporal complexa, que pode incluir órgãos e sistemas, nos quais as células dividem entre si as atribuições envolvidas na manutenção da vida.

Todas as células de um animal são geneticamente idênticas, pois descendem de um zigoto. Porém, durante o desenvolvimento embrionário ocorre **diferenciação celular**: certos genes entram em atividade em determinadas células, mas não em outras, resultando em diferenciação morfológica e funcional. A existência de mais de um tipo celular pressupõe **especialização**. Quanto mais tipos celulares um animal possui, mais especializadas são suas células, e maior é a eficiência com que são executadas as atividades metabólicas.

A relação entre a superfície e o volume corporal mostra-se menor quanto maior for o organismo (**figura 2**), o que, por um lado, representa algumas vantagens:

- a perda de água para o ambiente é reduzida, o que é importante principalmente em ambientes terrestres;
- a maioria das células tem pouco contato com o meio externo, mas contato próximo com o **espaço intercelular** (ou interstício), ocupado pelo **líquido intercelular** (ou fluido intersticial), cujas condições são controladas por mecanismos de homeostase.

Por outro lado, o maior tamanho do corpo representa maior distância entre as células mais internas e a superfície corporal, dificultando as trocas de materiais entre as células e o ambiente.

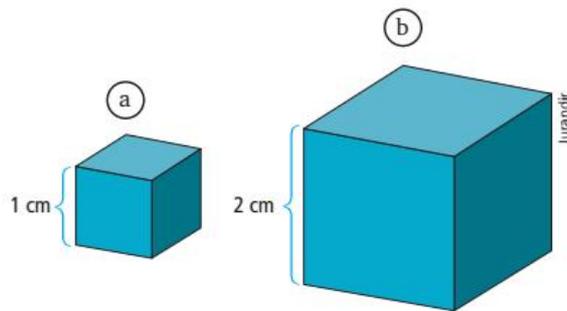
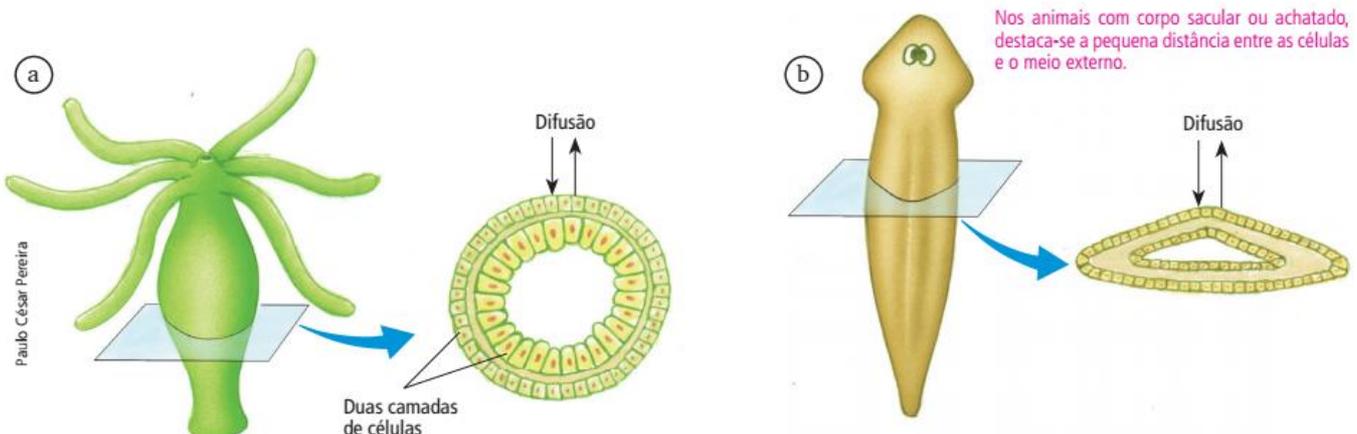


Figura 2. O cubo representado em (a) possui aresta de 1 cm; portanto, o volume é de 1 cm^3 e a superfície total é de $(6 \times 1 \text{ cm}^2) = 6 \text{ cm}^2$. Caso ele alcance o tamanho indicado em (b), a aresta passa para 2 cm; portanto, o volume é de 8 cm^3 e a superfície total é de $(6 \times 4 \text{ cm}^2) = 24 \text{ cm}^2$. O volume total aumentou 8 vezes, enquanto a superfície total aumentou apenas 4 vezes. A relação entre a superfície e o volume do cubo menor é de $6/1 = 6 \text{ cm}^{-1}$. Já a do cubo maior é de $24/8 = 3 \text{ cm}^{-1}$. Essa analogia aplica-se aos seres vivos: se compararmos um organismo de grande porte a um de pequeno porte, aquele de grande porte possuirá menor relação superfície por volume.

As trocas de materiais com o ambiente podem ser facilitadas pela forma do corpo (**figura 3**) ou pela existência de superfícies especializadas expandidas, formando amplas áreas que realizam, por exemplo, trocas gasosas (como as brânquias e os alvéolos pulmonares), absorção de alimentos (o revestimento interno do intestino delgado) e excreção.



Nos animais com corpo sacular ou achatado, destaca-se a pequena distância entre as células e o meio externo.

Figura 3. (a) Corpos saculares e formados por apenas duas camadas de células, como o da hidra, e (b) corpos achatados, como o da planária, têm grande superfície de contato com o meio externo, permitindo a ocorrência de trocas por difusão. Além disso, todas as células estão relativamente próximas da superfície, facilitando o intercâmbio com o meio externo. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A distribuição eficiente de materiais pelo corpo pode ser facilitada por **sistemas de tubos** que se comunicam com o ambiente externo através das superfícies expandidas. O **sistema cardiovascular**, presente em diversos grupos animais, estabelece intercâmbio entre as células de outros sistemas, como os sistemas digestório, respiratório e urinário. Pelo sistema cardiovascular flui o **sangue**, que distribui materiais. No tubo digestório, os alimentos são digeridos e os nutrientes são absorvidos; os pulmões absorvem o O_2 do ar atmosférico e eliminam o CO_2 ; os rins removem do sangue os resíduos metabólicos, eliminados na urina.

► Homeostase, a estabilidade interna

No interior do corpo dos animais, diversos parâmetros — como a composição química, o pH, a pressão osmótica (**figura 4**), a disponibilidade de água e a temperatura — permanecem relativamente estáveis, o que permite às células sobreviverem e executarem suas atividades. Além disso, os animais têm mecanismos de proteção contra o ataque de invasores capazes de se alimentar de suas células, de envenená-las com toxinas ou de lesar seu material genético.

As células interagem com o fluido intersticial, que circula pelo espaço intercelular. Do interstício, elas obtêm recursos e nele lançam os resíduos que produzem. Então, a tendência é que o interstício se torne pobre em nutrientes e O_2 e mais “poluído” com CO_2 e outros resíduos metabólicos descartados pelas células.



Marcelo Cabral/Opção Brasil

Figura 4. Turista mergulha no rio da Prata, em Bonito (MS), 2010, onde cianobactérias, algas, plantas, moluscos, crustáceos, peixes, anfíbios e outros organismos vivem em um ambiente hipotônico, correndo o risco da absorção excessiva de água por osmose. Em grande medida, o sucesso evolutivo decorre da capacidade de interagir com o ambiente, trocando substâncias e mantendo o meio interno estável.

Em 1859, o fisiologista francês Claude Bernard (1813-1878) disse que, “por mais variados que sejam, todos os mecanismos vitais têm como principal objetivo manter a estabilidade das condições do meio interno”¹. Em 1929, W. B. Cannon chamou essa estabilidade de **homeostase** (do grego *homoiós*, o mesmo, e *stasis*, parada), que deve ser entendida como um **equilíbrio dinâmico**, que varia entre limites precisos e ajustados, favorecendo os processos metabólicos e a atividade enzimática (enzimas mantidas em pH e temperatura ótimos são mais eficazes). A homeostase compreende a manutenção do pH, da composição química, da pressão osmótica, da quantidade de água e da temperatura corporal (**figura 5**).

A homeostase depende da ação integrada dos diversos tecidos, órgãos e sistemas. Porém, apesar da estabilidade, ocorrem variações normais do meio interno que determinam os períodos de repouso, de alimentação e oscilações da temperatura corporal. Por causa do ritmo biológico, sentimos sono e fome praticamente nos mesmos horários, todos os dias. Nas mulheres, é nítida a periodicidade dos dias férteis e das menstruações, definidas por oscilações cíclicas das concentrações de certos hormônios.

Algumas variações não são normais, todavia são esperadas. Durante uma infecção, por exemplo, é comum surgir a febre, ou seja, a elevação da temperatura corporal. Embora aumente a demanda de energia e afete a ação de enzimas, a febre indica a reação do organismo no combate à infecção e dificulta a proliferação dos microrganismos patogênicos (causadores da doença).

Figura 5. Diferentemente do que se costuma dizer, os cães não transpiram pela língua. O ar inspirado tem a temperatura ambiente, e o ar expirado, alguns graus mais elevado. Essa diferença de temperatura representa perda de razoável quantidade de calor.



euromark/Shutterstock.com

¹ SCHMIDT-NIELSEN, K. **Animal Physiology: Adaptation and Environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. (Tradução nossa.)

Tecidos animais

Há quatro grandes categorias de tecidos animais, que diferem quanto aos tipos de célula e à proporção entre o volume total de células e o volume de interstício existente entre elas (**figura 6**).

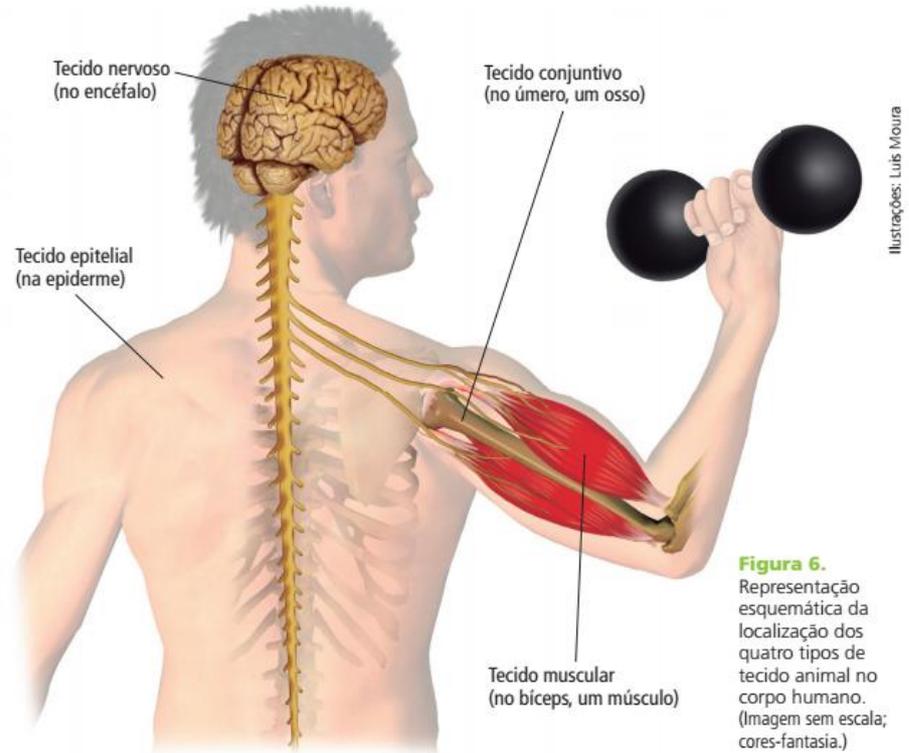


Figura 6. Representação esquemática da localização dos quatro tipos de tecido animal no corpo humano. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

- **Tecidos epiteliais:** são tecidos de revestimento que recobrem a superfície do corpo e a dos órgãos internos. Têm células justapostas, ou seja, aderidas entre si, com pouco material intercelular, o qual funciona como “cimento” entre elas.
- **Tecidos conjuntivos:** são tecidos de preenchimento, com substância intercelular abundante e grande diversidade de tipos celulares. Ocupam espaços entre outros tecidos, mantendo a arquitetura dos órgãos e garantindo-lhes nutrição e defesa. Formam, também, estruturas de sustentação, como ossos e cartilagens.
- **Tecidos musculares:** são formados por longas células contráteis (miócitos ou fibras musculares), responsáveis por movimentos. Encontram-se ligados aos ossos ou na parede de órgãos ocos, como o intestino e o coração.
- **Tecidos nervosos:** suas células mais representativas são os neurônios, que possuem numerosos e longos prolongamentos que percorrem o corpo e propagam informações com rapidez. Quando estimulados, os neurônios podem transmitir impulsos nervosos.

Geralmente, um órgão é formado por alguns tipos de tecido: o cérebro, por exemplo, é constituído basicamente por tecido nervoso, enquanto o intestino possui quatro camadas de tecidos diferentes em sua parede (**figura 7**).

Nem todos os animais apresentam os quatro tipos de tecido bem diferenciados. É o caso dos poríferos, cujas células diferenciadas não formam tecidos verdadeiros.

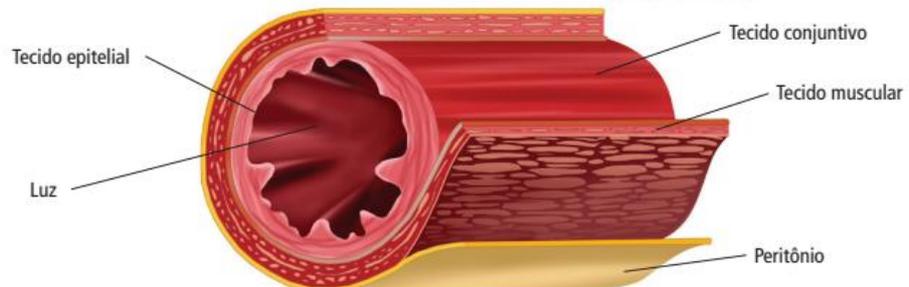


Figura 7. Representação esquemática das quatro camadas do intestino. Do interior para o exterior, encontram-se uma camada de tecido epitelial, uma de tecido conjuntivo, uma de tecido muscular e uma fina membrana epitelial chamada peritônio. A cavidade interna de um órgão oco é chamada luz. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Tecidos epiteliais

Muitos animais exibem barreiras que os protegem, mas não impedem completamente as trocas de substâncias com o ambiente. Os **epitélios** são esses tecidos de revestimento. Eles apresentam uniformidade de tipos celulares, com pouco material entre as células, que são justapostas e aderidas entre si. O escasso material intercelular é o cimento que une as células. Os epitélios são **avasculares**, isto é, não recebem vasos sanguíneos; suas células recebem oxigênio e nutrientes dos tecidos conjuntivos subjacentes.

Sendo tecidos de revestimento interno ou externo, os epitélios associam-se com diversas funções (**figura 8**):

- **Proteção** contra agressões físicas por atrito, radiações e agressões químicas.
- **Defesa** contra a penetração de agentes infecciosos.
- **Absorção** de nutrientes, na superfície externa do corpo ou na superfície interna do intestino dos animais que possuem tubo digestório.
- **Trocas gasosas** com o ambiente, na superfície do corpo, nas brânquias e nos alvéolos pulmonares.
- **Manutenção da temperatura corporal**, dificultando a dissipação de calor ou facilitando-a, devido a mecanismos mais elaborados, como a transpiração.
- **Secreção** de substâncias, pelas glândulas.

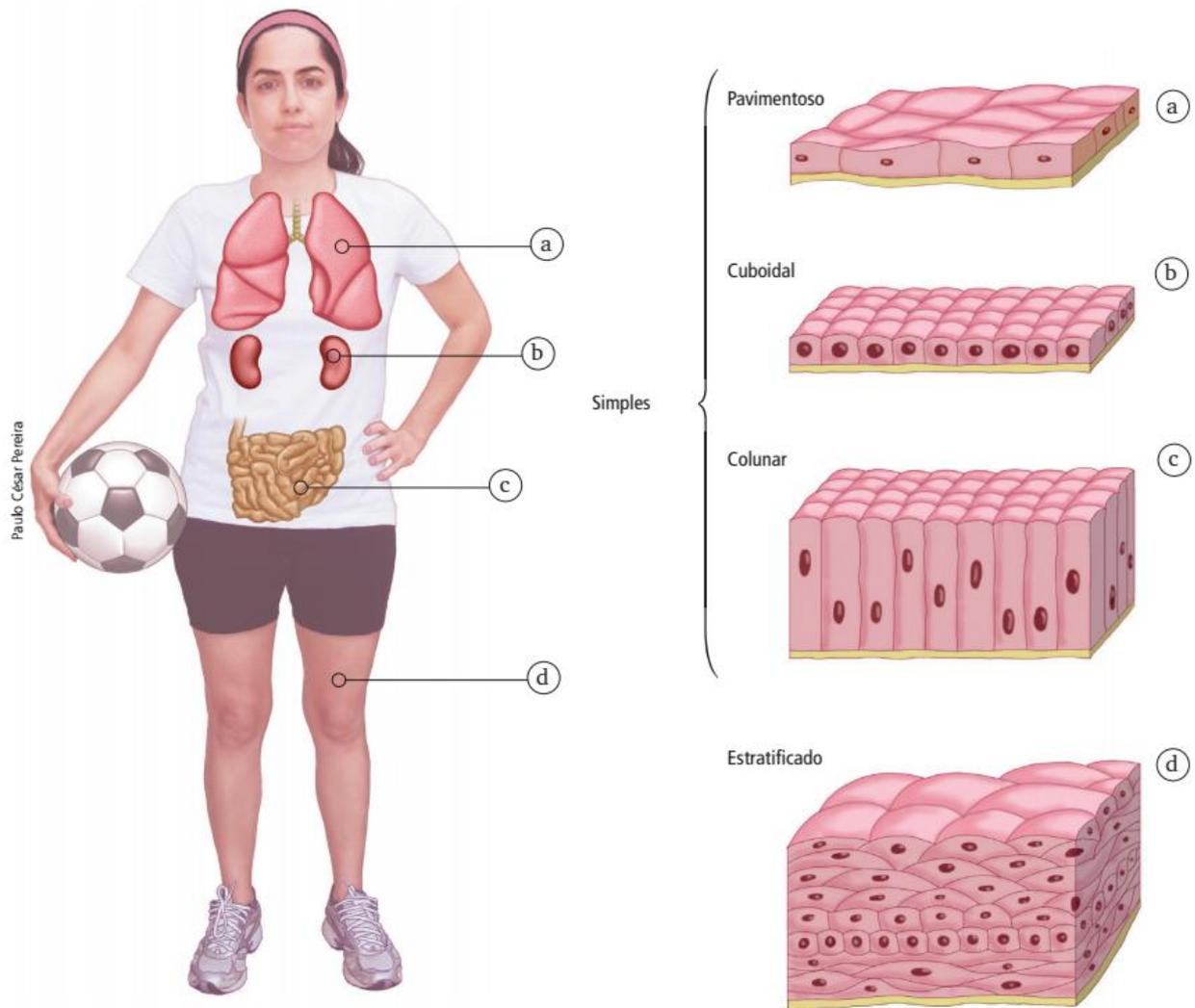


Figura 8. Tipos de epitélio, classificados quanto ao número de camadas celulares e quanto à morfologia celular, com destaque para alguns exemplos: (a) Os alvéolos pulmonares são revestidos por epitélio pavimentoso simples (ou uniestratificado), com uma única camada de células achatadas, facilitando a ocorrência de trocas gasosas. (b) O epitélio cuboidal simples está presente nos túbulos dos néfrons (unidades funcionais dos rins). (c) A mucosa intestinal possui epitélio colunar simples (ou prismático), formado por uma camada de células colunares (cilíndricas ou prismáticas). (d) A epiderme, epitélio pavimentoso pluriestratificado que faz parte da pele, contém várias camadas sobrepostas de células achatadas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

▶ Pele

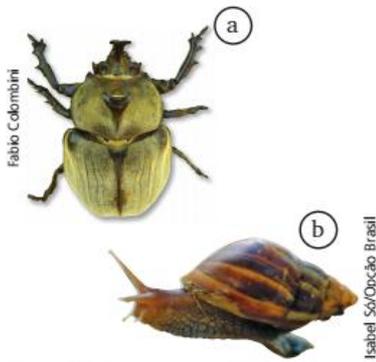


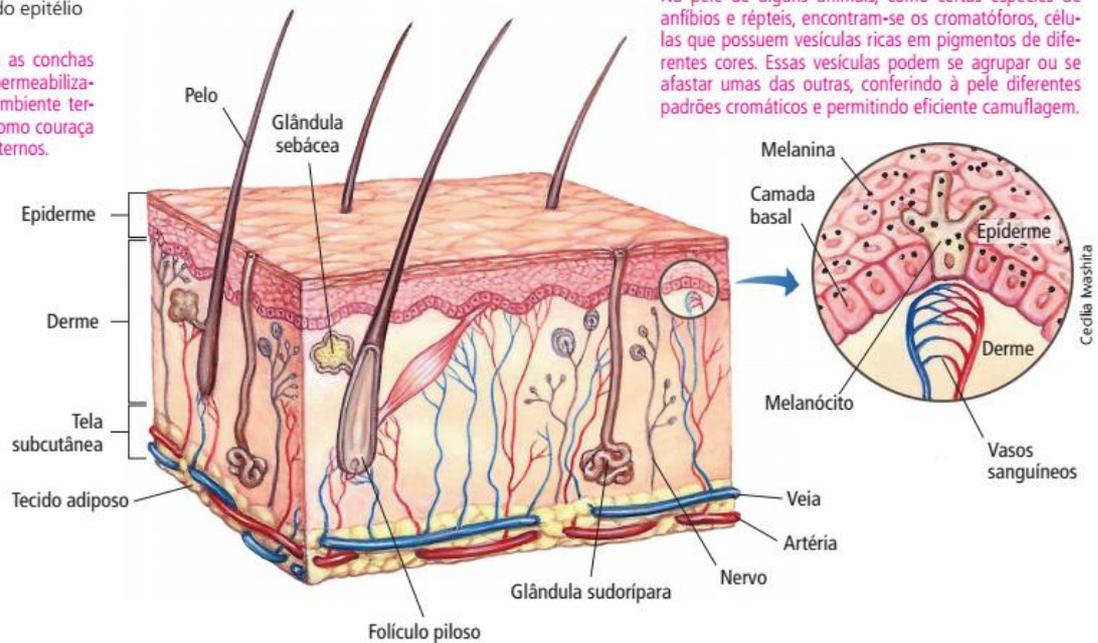
Figura 9. O exoesqueleto dos artrópodes (a) e a concha dos moluscos (b) são secretados por células do epitélio desses animais.

O exoesqueleto dos artrópodes e as conchas dos moluscos garantem certa impermeabilização e permitem a ocupação do ambiente terrestre. Por serem rígidas, servem como couraça protetora e suporte para órgãos internos.

A **epiderme** é o revestimento do corpo dos animais. Nos invertebrados, é **uniestratificada**, ou seja, apresenta uma única camada de células, entre as quais algumas são capazes de produzir envoltórios rígidos (**figura 9**).

A epiderme dos vertebrados pode ser espessa e é **pluriestratificada**, isto é, constituída por várias camadas sobrepostas de células (**figura 10**), sendo as superficiais geralmente mortas e impregnadas de queratina, uma proteína insolúvel e resistente. À medida que as células dessa camada superficial envelhecem e acumulam queratina, vão surgindo células na camada basal, as quais substituem as que morrem e se desprendem da superfície do corpo.

A epiderme dos peixes, entretanto, é fina e desprovida de queratina. As glândulas da superfície do corpo secretam muco, que dificulta a passagem da água e a adesão de parasitas externos. A epiderme dos anfíbios, por sua vez, é delgada, e nela já se nota alguma impregnação de queratina. Glândulas cutâneas secretam muco e mantêm a epiderme úmida, permitindo a ocorrência de trocas gasosas.



Na pele de alguns animais, como certas espécies de anfíbios e répteis, encontram-se os cromatóforos, células que possuem vesículas ricas em pigmentos de diferentes cores. Essas vesículas podem se agrupar ou se afastar umas das outras, conferindo à pele diferentes padrões cromáticos e permitindo eficiente camuflagem.

Figura 10. Diferentemente do senso comum, a pele humana (vista em corte nesta figura) não é apenas um epitélio. Composta por epiderme e derme, é o mais extenso órgão dos animais. Na camada basal da epiderme encontram-se os melanócitos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A transição dos vertebrados para o meio terrestre foi marcada por adaptações na epiderme, como o seu espessamento e a presença abundante de queratina. A epiderme dos répteis tem uma espessa camada queratinizada, a **camada córnea**, formada por células mortas. É impermeável e dificulta a perda de água por evaporação, representando uma importante adaptação para a ocupação de ambientes secos, além de ser resistente o bastante para desencorajar agressores. Sendo queratinizada, esta epiderme oferece mais resistência às agressões por agentes físicos e químicos e à penetração de agentes infecciosos.

Répteis e aves têm a epiderme praticamente desprovida de glândulas. Assim como os répteis, as aves e os mamíferos também têm epiderme com uma camada córnea queratinizada. Penas e pelos são estruturas córneas especiais, formadas por queratina.

A epiderme pode conter **melanócitos**, células que produzem **melanina** e, na espécie humana, relacionam-se com a cor da pele.

Abaixo da epiderme, está a **derme**, uma camada subjacente de tecido conjuntivo ricamente vascularizado. Sob a derme, encontra-se a **tela subcutânea** (ou hipoderme), rica em tecido adiposo (cujas células armazenam gordura), que constitui reserva energética e funciona como isolante térmico. Derme e tela subcutânea não são tecidos epiteliais, mas tipos especiais de tecidos conjuntivos. Em conjunto, derme e epiderme formam a **pele**.

Na pele dos mamíferos, mergulhadas na derme, há alguns tipos de glândulas, como as **sudoríparas** e as **sebáceas**, ambas de origem epidérmica e cujas secreções são lançadas na superfície externa da pele. O suor é drenado pelo ducto das glândulas sudoríparas, enquanto a secreção sebácea sai pelos poros de onde emergem os pelos. Outros anexos epidérmicos encontrados nos mamíferos são as unhas, os cascos e os cornos.

Um terço dos pais erra ao aplicar protetor solar nos filhos

Estudo feito por dermatologistas mostra que familiares consideram que uso do produto é desnecessário em dias nublados ou fora do período do verão

Cerca de um terço dos pais de crianças não aplica protetor solar de forma correta em seus filhos: essa parcela acredita que o uso do produto é necessário apenas na praia ou em dias de verão. É o que mostra um estudo realizado pela Sociedade Brasileira de Dermatologia de São Paulo com mais de 800 pais e 150 educadores de todo o país.

De acordo com o estudo, 38% dos entrevistados acham que a proteção solar é desnecessária em dias nublados ou em outras estações do ano que não o verão. No entanto, dermatologistas afirmam que a criança deve se proteger do sol, usando bloqueadores solares, chapéus e ficando na sombra, por exemplo, durante o ano todo.

Uso correto — “O ideal é que, após os seis meses de vida, a criança utilize protetor solar com fator de proteção de raios UVB de no mínimo 30 e com bloqueadores dos raios UVA, que estão presentes mesmo em dias nublados”, diz Paulo Criado, presidente da Sociedade Brasileira de Dermatologia de São Paulo e dermatologista do Hospital das Clínicas da USP. Segundo ele, antes disso, o bebê não deve ser exposto ao sol porque sua pele ainda é muito sensível, havendo risco de queimaduras.

O médico explica que, ao adulto aplicar protetor solar em uma criança, ele deve usar uma quantidade que cubra a palma de sua mão para conseguir proteger todo o corpo da criança. Além disso, a aplicação do produto deve ser feita pelo menos meia hora antes da exposição solar e repetida no primeiro momento de contato com o sol, a cada duas horas e também caso a criança transpire ou entre na água.

[...]

Henryk T. Kaiser/AGE/Easypix



Mesmo durante rápidas brincadeiras na praia, as crianças devem ser protegidas dos efeitos da radiação UV; por isso, é indispensável o uso de protetores solares.

Câncer de pele — De acordo com o dermatologista, não proteger crianças contra a exposição ao sol pode ser um fator desencadeador de câncer de pele na vida adulta. O Instituto Nacional de Câncer (INCA) calcula que a doença representa 25% de todos os tumores malignos diagnosticados entre brasileiros. “O câncer de pele, principalmente o melanoma, é semeado na infância. O dano que a radiação solar faz às células é acumulativo ao longo do tempo. Por exemplo, uma queimadura solar com bolha em uma criança dobra o risco de ela ter melanoma na vida adulta”, diz Criado.

[...]

Campanha — Segundo o dermatologista, é importante que pais e educadores ensinem a importância da proteção para as crianças. “É na infância que você consegue fixar mais esses ensinamentos. Por isso, a aprendizagem no colégio é fundamental. Mudando o hábito da criança, é provável que se mude, também, os hábitos de família”, diz.

[...]

Um terço dos pais erra ao aplicar protetor solar nos filhos. **Veja.com**, São Paulo: Veja/Abril Comunicações S.A. 11 out. 2014. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/um-terco-dos-pais-erra-ao-aplicar-protetor-solar-nos-filhos>>.

Acesso em: jan. 2016.

Atividades

Escreva no caderno

Além dessas atividades, proponha aos alunos que façam um trabalho de campo, pesquisando com familiares e conhecidos sobre o uso do filtro solar em crianças. O questionário pode partir de perguntas como: A partir de que idade você acredita que as crianças devam passar filtro solar? Você usa filtro solar em seus filhos? Em que situações? Quantas vezes por dia? Os dados coletados podem ser representados na forma de tabelas e/ou gráficos.

Depois da leitura da notícia, responda às questões propostas a seguir.

1. Qual é a informação central desta notícia?
2. De acordo com o texto, por que é importante o uso correto do protetor solar, desde a infância?

▶ Epitélios glandulares

Muitos epitélios produzem e liberam substâncias. Alguns, mesmo sendo epitélios de revestimento, têm células secretoras. Em alguns locais formam órgãos especiais, chamados **glândulas** (figura 11), com função secretora.

As glândulas que lançam suas secreções através de um ducto, na superfície do corpo ou na cavidade interna de certos órgãos, como a boca, o estômago e as vias aéreas, são chamadas **glândulas exócrinas** (ou de **secreção externa**). São exemplos: as glândulas sudoríparas, sebáceas, lacrimais, salivares e mamárias.

As glândulas que não têm ducto secretor e lançam as secreções (denominadas hormônios) diretamente na corrente sanguínea são **glândulas endócrinas** (ou de **secreção interna**), como a hipófise, a glândula tireoide e as glândulas suprarrenais.

As **glândulas mistas** produzem hormônios e secreções exócrinas. O pâncreas é um exemplo: secreta o suco pancreático (secreção exócrina que, no intestino delgado, participa da digestão) e os hormônios insulina, glucagon e somatostatina (secreções endócrinas).

Outra glândula mista (ou anfícrina) é o fígado, que produz a bile (secreção exócrina, lançada no duodeno) e o hormônio IGF-1 (*insulin-like growth factor*, ou fator de crescimento semelhante à insulina), que participa do crescimento (em crianças) e tem permanente efeito anabólico (mesmo em adultos).

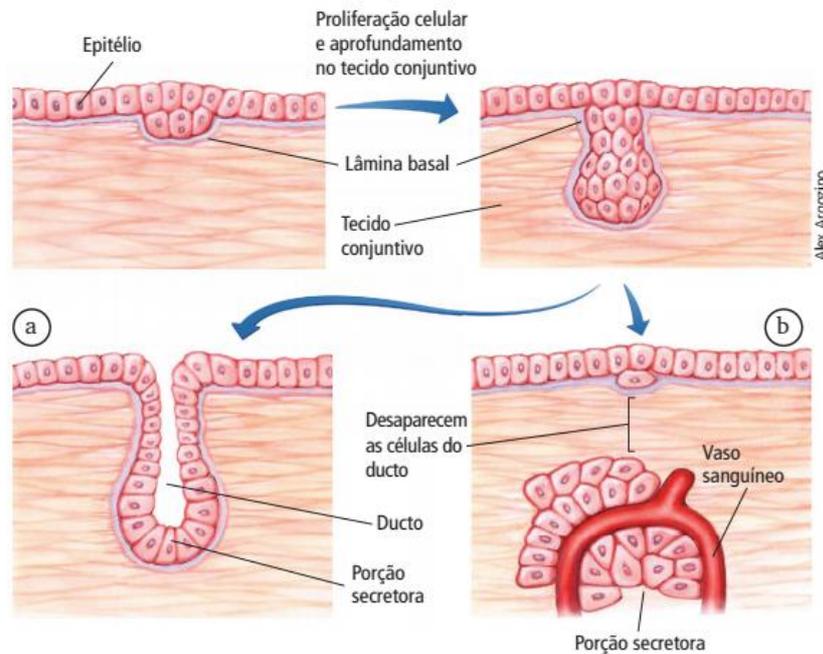


Figura 11. Algumas glândulas permanecem ligadas ao epitélio por um ducto (ou canal), formando as glândulas exócrinas (a); outras se desligam dele, formando as glândulas endócrinas (b). (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

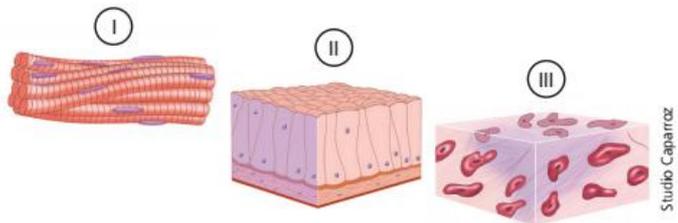
Atividades

Escreva no caderno

1. Nos pluricelulares, mesmo naqueles de organização mais simples, a existência de mais de um tipo celular pressupõe especialização. Até organismos muito simples (como os poríferos) possuem tipos celulares com diferenças morfológicas e funcionais. Por outro lado, organismos unicelulares (como os protozoários) possuem células capazes de executar todas as atividades necessárias à manutenção da vida. A estabilidade dos vertebrados é mantida pela ação conjunta dos sistemas, que garante a adequação do ambiente interno; dessa forma, as células são, ao mesmo tempo, agentes e beneficiárias da homeostase.

O aumento do tamanho do ser vivo significa maior distância entre as células e entre elas e o ambiente. Em geral, os animais têm o corpo percorrido por tubos (sistemas digestório, respiratório, cardiovascular, urinário etc.). Relacione essa adaptação com o maior porte desses animais.

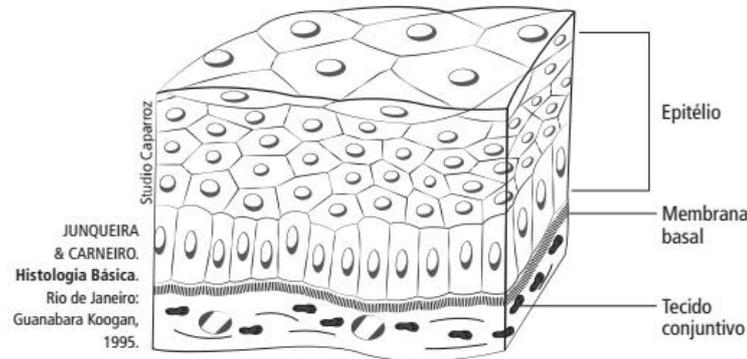
2. (UFV-MG) As figuras I, II e III abaixo representam três tipos de tecidos animais.



Após análise das figuras, faça o que se pede:

- Escreva os nomes dos tecidos I e II, respectivamente.
- Cite uma função desempenhada pelo tecido II.
- Cite o nome do folheto embrionário que dá origem ao tecido I.
- Indique o tecido que é desprovido de vasos sanguíneos.

3. A respeito dos tecidos epiteliais, responda:
- Quais são suas principais características?
 - Justifique a existência, nos alvéolos pulmonares, de epitélio pavimentoso simples (ou uniestratificado).
4. (UERJ) O esquema abaixo representa a mucosa — constituída de epitélio estratificado pavimentoso e tecido conjuntivo — encontrada, por exemplo, na boca.
- Cite uma das funções básicas do epitélio estratificado pavimentoso.
 - Indique como o tecido epitelial, que não possui vasos, obtém sua nutrição e oxigenação.



5. (Unibe-MG) Nos cordados, são reconhecidos quatro tipos de tecido: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso. Qual desses tecidos está envolvido na constituição de estruturas relacionadas com a sustentação do corpo? E com a produção de suor?
6. A pele é o maior órgão do corpo humano, revestindo toda sua superfície e protegendo-o contra as radiações solares, particularmente os raios ultravioleta.
- Indique o tipo de tecido que forma cada uma das camadas de células da pele, explique uma função de cada camada e suas respectivas origens embriológicas.
 - Cite um efeito benéfico imediato da exposição ao sol.
 - Por que as pessoas de pele clara que se expõem muito ao sol têm maior probabilidade de desenvolver câncer de pele?
7. Leia o texto abaixo.

Sol na medida certa

Cientista brasileiro desenvolve adesivo que identifica excesso de exposição aos raios ultravioleta

[...]. Para prevenir os danos causados pelos raios ultravioleta (UVA e UVB), é imprescindível o uso correto do protetor solar. Mas se você tem dúvidas quanto ao tempo que pode se expor ao sol e à quantidade de filtro solar que deve passar, vai adorar um produto 100% nacional que avisa quando reaplicar o protetor: trata-se de um adesivo que muda de cor ao detectar o excesso de exposição aos raios ultravioleta.

A criação é do químico Fábio Monaro Engelmann [...].

[...] foram desenvolvidos adesivos que mudam de cor com doses de radiação distintas, de acordo com seis tipos de pele diferentes. “A mais branca pode ficar apenas 10 minutos sem proteção ao sol do meio-dia, já a mais escura, apesar de nunca se queimar, não deve permanecer mais que duas horas”, afirma Engelmann.

[...]

A forma ideal de usar o produto é sobre a pele, em associação a um filtro solar. Como o protetor é gradativamente removido da pele pelo suor, atrito com a roupa etc., o adesivo começará a mudar de cor mais rapidamente, avisando ao usuário que deve aplicar mais uma camada da loção protetora, o que desacelerará o processo. Esse procedimento deverá se repetir até o momento em que a coloração atingir o seu limite, quando a exposição ao sol deverá ser então evitada.

[...]

[...] Essa promete ser uma ótima fórmula para prevenir o câncer de pele e evitar o envelhecimento precoce sem comprometer as férias.

VERJOVSKY, M. Sol na medida certa. *Ciência Hoje On-line*.

Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/medicina-e-saude/sol-na-medida-certa>>. Acesso em: jan. 2016.

O texto refere-se a uma técnica desenvolvida por um pesquisador brasileiro. A respeito dela, julgue as afirmativas como verdadeiras (V) ou falsas (F). Anote as respostas em seu caderno. I - F; II - F; III - V; IV - V; V - V.

- É uma fórmula eficaz para prevenir o câncer de pele, mas não evita o envelhecimento precoce.
 - Trata-se de um adesivo que muda de cor ao detectar o excesso de exposição aos raios infravermelhos.
 - O uso correto do protetor solar pode prevenir os danos causados pelos raios ultravioleta (UVA e UVB).
 - É um produto que atende às necessidades específicas da nossa população mestiça.
 - Quando a coloração do adesivo atinge o seu limite, deve-se evitar a exposição solar.
8. (Fuvest-SP) “O pâncreas desempenha funções endócrinas e exócrinas.”
- Explique o significado dessa afirmação.

Além de um inocente bronzeado



Rogério Reis/Fubar

Muitas pessoas apreciam um belo dia de sol. Em nossa sociedade, o bronzeado é sinônimo de saúde e bem-estar. Na fotografia, praia do Leme, Rio de Janeiro (RJ), 2014. No portal da Sociedade Brasileira de Dermatologia, está disponível a Calculadora de risco para câncer de pele. Peça aos alunos que determinem os próprios riscos e que orientem os familiares a também o fazerem. Disponível em: <<http://tub.im/fb4ing>>. Acesso em: jan. 2016.

Entre outros benefícios, a exposição ao sol é importante para a manutenção de níveis adequados de vitamina D. Todavia, a radiação solar esconde efeitos muitas vezes sérios, como queimaduras, algumas formas de câncer de pele e depressão do sistema imunológico.

A radiação ultravioleta é capaz de alterar a sequência de bases nitrogenadas na molécula de DNA. As enzimas de reparação podem reconhecer essas modificações, removendo os fragmentos alterados; porém, elas podem falhar, o que explica o desenvolvimento de câncer de pele.

Há uma noção equivocada de que pessoas que costumam se bronzear frequentemente estão mais protegidas contra o câncer de pele. Na verdade, elas estão mais expostas ao sol, que é o principal fator desencadeante. O que importa, realmente, é o tipo de pele, a frequência e o tempo de exposição.

A radiação UV pode penetrar dezenas de metros na água. Então, um outro equívoco é acreditar que, estando na praia, em um rio ou em uma piscina, permanecer imerso na água garante uma barreira eficaz.

O tempo máximo aceitável de exposição ao sol para determinada pessoa depende de seu tipo de pele, que se classifica em:

Tabela 1. Tipos de pele (segundo critérios adotados pela Cetesb).

Tipo	Características
I	Sempre queima, nunca pigmenta (pele mais sensível)
II	Queima e pigmenta (bronzia) levemente
III	Queima levemente e pigmenta sempre
IV	Nunca queima e sempre pigmenta (bronzado) (pele mais resistente ao sol)

Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Cetesb. Informações de radiação. Disponível em: <<http://prozonesp.cetesb.sp.gov.br/grupos-tematicos/informacoes-de-radiacao>>. Acesso em: fev. 2016.

Pessoas com pele do tipo I podem se expor ao sol por tempo muito inferior àquelas com pele dos tipos III ou IV. Vejamos, por exemplo, as recomendações, para um dia de agosto de 2015, na cidade de São Paulo (**tabela 2**). Observe que esses dados se aplicam apenas para a cidade de São Paulo, em um dia de inverno!

No portal do Instituto Nacional do Câncer há grande quantidade de informações para a prevenção e a detecção precoce de diversas formas de câncer, inclusive os de pele. Disponível em: <<http://tub.im/ygbib3>>. Acesso em: jan. 2016.

Tabela 2. Tempo máximo de exposição, na cidade de São Paulo, em minutos, de acordo com o tipo de pele.

Horário	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
9h	103	311	415	519
12h	22	66	89	111
15h	103	311	415	519

Fontes: os tempos de exposição foram calculados segundo a fórmula apresentada no artigo Previsão do tempo de exposição ao sol baseado em previsão de ozônio (disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/13-e00816d0004d759eaf04f445a3a98d89.pdf>>) e dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>>). Acessos em: fev. 2016.

Protetor, chapéu e óculos escuro

Como proteção individual, alguns cuidados são fundamentais, pois certos efeitos da exposição excessiva à radiação UV-B são cumulativos:

- Evite a exposição direta ao sol das 10h às 16h, período em que a incidência de radiação ultravioleta é maior.
- Use constantemente protetores solares com filtros para a radiação ultravioleta (sempre com fator de proteção superior a 15) e reaplique-os a cada 2 horas. Lembre-se de que o uso de protetores solares reduz o risco de queimaduras e de alterações genéticas nas células, mas não minimiza o efeito da radiação UV-B sobre o sistema imune. Além disso, há discussões a respeito da eficácia dos protetores solares na prevenção do câncer de pele.
- Ao escolher um filtro solar, determine corretamente o fator de proteção solar (FPS) necessário para seu tipo de pele e para o horário e o tempo de exposição ao sol. O FPS indica quantas vezes a mais você pode se expor. Por exemplo: tomar 10 minutos de banho de sol sem protetor equivale a tomar 150 minutos de sol com um protetor solar de FPS 15.

Uma diferença entre a radiação UV-A e a UV-B é o poder de penetração. Enquanto a UV-B não passa da epiderme, a UV-A é mais penetrante, atingindo a derme.



- Evite banhos de sol prolongados. Quando estiver há muito tempo sem se bronzear, inicie com períodos não superiores a 10 ou 15 minutos.
- Lembre-se de que, em dias nublados, cerca de 80% da radiação UV-B que passa pela camada de ozônio atravessa as nuvens e acaba atingindo o solo.
- O banho de sol é necessário para crianças; porém, faça com que as crianças tomem as mesmas precauções, e impeça que bebês com idade inferior a um ano se exponham diretamente ao sol por períodos superiores a quinze ou vinte minutos.
- Use chapéus ou viseiras que protejam adequadamente os olhos e a face. Bonés costumam proteger apenas parcialmente.
- Use óculos com filtros que absorvam pelo menos 99% da radiação UV-B. Óculos escuros de má qualidade facilitam a penetração de UV-B nos olhos porque, além de não reterem a radiação UV, diminuem a entrada de luz visível, fazendo que as pupilas permaneçam mais dilatadas, expondo tecidos sensíveis do olho.

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

Escreva no caderno

- (UEM-PR) No verão, muitas pessoas apreciam ficar se bronzeando ao sol, nas praias ou piscinas, por acharem que um bom bronzeado é sinal de bem-estar e de vitalidade. Mas não é bem assim. A radiação solar pode trazer sérias consequências para o corpo, como queimaduras e até câncer de pele. Sobre isso, dê como resposta a soma das afirmativas corretas.
 - (01) A radiação ultravioleta é capaz de alterar a molécula de DNA, levando ao desenvolvimento do câncer de pele.
 - (02) A destruição da camada de ozônio aumenta a incidência de radiação ultravioleta sobre a superfície da Terra.
 - (04) Os agentes mutagênicos, físicos ou químicos, podem elevar a incidência das mutações.
 - (08) Mutações provocadas pela radiação solar fazem com que o organismo adquira resistência a esse tipo de radiação.
 A resposta correta será a soma dos números associados às proposições verdadeiras. Soma: 01 + 02 + 04 = 07
- (UFG-GO) A radiação ionizante é um dos principais agentes causadores de câncer de pele, cuja incidência tem aumentado pela crescente destruição da camada de ozônio e pela exposição da pele ao sol em horários inadequados. Apesar de preverem centenas de óbitos ainda neste ano, os médicos acreditam que a maioria dos casos dessa doença pode ser curada desde que diagnosticada precocemente.

Sobre este tema pede-se:

 - a) Cite três formas de prevenção do câncer de pele.
 - b) Explique a formação das células cancerígenas.

Tecidos conjuntivos

Diversidade morfológica e funcional

Brian Goodman/Shutterstock.com



Caminhar diariamente é muito agradável, além de ser um excelente exercício!

A photograph of a dog walking on a leash on a gravel path. The dog is seen from behind, walking away from the camera. The path is bordered by green grass and trees. In the background, there are hills and a clear sky. The overall scene is bright and sunny.

Uma boa fonte de referências e informações sobre obesidade é a Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. Disponível em: <<http://tub.im/bxwce7>>. Acesso em: jan. 2016.

Agite, caminhe e viva bem

Muitas mudanças físicas e psicológicas acontecem na adolescência, todas importantíssimas no desenvolvimento físico e emocional de cada indivíduo. Tais mudanças são fortemente influenciadas por fatores genéticos e pelo meio em que se vive; também são reflexos de hábitos de pessoas próximas, como os familiares e os colegas de escola.

Nesse contexto, é necessário que todos atentem para um problema que vem atingindo grande parte dos jovens: a obesidade. Considerada uma doença crônica, resulta da ingestão de mais alimento que o necessário, podendo iniciar-se em fases precoces da vida, nas quais as influências culturais e os hábitos familiares desempenham papel fundamental. Por isso, diz-se que a obesidade possui multiplicidade de fatores desencadeantes, como genéticos, psicossociais, culturais, nutricionais, metabólicos e hormonais.

A predisposição genética à obesidade é importante, e sabe-se que, em uma família em que os pais são obesos, há grande probabilidade de os filhos também serem. Porém, além do patrimônio genético, os familiares compartilham os hábitos alimentares. Assim, se os pais se alimentarem de forma incorreta, os filhos provavelmente também o farão. Além disso, é importante considerar os aspectos culturais e nutricionais de cada região ou de determinado grupo populacional, que podem levar as pessoas a ingerir alimentos pouco adequados.

Os aspectos psicológicos são de abordagem delicada, pois dizem respeito à intimidade de cada indivíduo e podem ser causa ou efeito da obesidade. A depressão, por exemplo, é cada vez mais comum entre adolescentes e pode ser desencadeada pela obesidade, uma vez que jovens obesos podem sentir-se excluídos do convívio social.

Quando observamos nosso grupo de amigos, sempre encontramos alguém que “come de tudo” e permanece magro, enquanto outro “engorda só de olhar para a comida”. Isso acontece porque cada organismo possui características metabólicas e endócrinas próprias.

O acúmulo excessivo de gordura no corpo pode comprometer a saúde porque provoca complicações, tais como diabetes, hipertensão arterial, redução da função respiratória, alterações osteomusculares e elevação nos níveis de colesterol, triglicérides e ácido úrico.

Mais comuns em adultos, esses distúrbios têm sido observados com frequência progressivamente maior em crianças e adolescentes, como reflexo de hábitos sedentários, alguns dos quais vinculados aos avanços tecnológicos, como o acesso a computadores, *videogames* e telefones móveis.

Muitos jovens passam horas diante de computadores, muitas vezes “acompanhados” por doces e bolachas regados a refrigerantes. Além de comprometer a inserção social e o relacionamento interpessoal (que passa a depender quase exclusivamente das relações virtuais, via redes sociais), esse hábito reduz a prática de atividades físicas, o que pode acentuar o risco de desenvolver obesidade.

O que se pode fazer para evitar ou reverter esse quadro? A palavra-chave é prevenção! Os hábitos que adotamos hoje terão consequências no futuro. Médicos e nutricionistas fornecem boas dicas para uma vida saudável: seguir uma alimentação balanceada, rica em frutas, legumes e verduras; respeitar os horários das refeições principais; não “beliscar” guloseimas nos intervalos; evitar doces, frituras e refrigerantes; praticar atividades físicas, sempre orientadas por um profissional.

Uma caminhada com os amigos pode ser um bom começo. Além de ser uma excelente atividade física, ajuda a colocar a conversa em dia!

Tecidos versáteis

Nos animais, **tecidos conjuntivos** (ou **conectivos**) representam o arcabouço que, além de sustentar os órgãos e manter a arquitetura interna, fornece às células seus meios de subsistência. Portanto, garantem a infraestrutura necessária para que os outros tecidos se mantenham vivos e executem suas respectivas funções.

Os tecidos conjuntivos ligam outros tecidos entre si (a derme, por exemplo, liga a epiderme aos músculos e à gordura subjacente; os tendões unem os músculos aos ossos), participam da sustentação do corpo, do transporte de compostos e da defesa contra agentes infecciosos. São ricamente vascularizados e apresentam diversos tipos de células esparsas. Em muitos tipos de tecido conjuntivo, destacam-se os **fibroblastos**, células que produzem abundante substância intersticial, em que se encontram muitas fibras proteicas, principalmente o **colágeno**, a mais abundante proteína dos vertebrados. **Vascularização: conjunto de vasos sanguíneos que irrigam um tecido ou órgão.**

Os fibroblastos têm intensa atividade de síntese. Apresentam prolongamentos citoplasmáticos irregulares, retículo endoplasmático granuloso e complexo golgiense desenvolvidos, núcleo claro com cromatina frouxa e grande nucléolo. Nos adultos, os fibroblastos dividem-se pouco, entrando em mitose apenas sob certas circunstâncias, como nas lesões do tecido conjuntivo.

No interstício de alguns tecidos conjuntivos, as fibras proteicas estão dispersas na substância fundamental amorfa, que contém outros tipos de proteína, além do colágeno. As fibras proteicas comparam-se às barras de aço das colunas que sustentam um edifício, enquanto a substância amorfa seria, nessa comparação, o concreto que preenche as colunas.

A grande diversidade celular faz com que os tecidos conjuntivos desempenhem diversas funções, com destaque para as apresentadas a seguir.

- **Preenchimento e sustentação.** Os tecidos conjuntivos formam as cápsulas que envolvem muitos órgãos e colaboram para manter sua estrutura, compondo as malhas internas que mantêm as células em suas posições. Constituem, ainda, os esqueletos ósseo e cartilaginoso, que dão sustentação ao corpo e facilitam a execução de movimentos (**figura 1**).
- **Nutrição.** Compostos que vão do sangue para as células atravessam os tecidos conjuntivos. Os epitélios, por exemplo, não têm vasos sanguíneos e são nutridos e oxigenados pelo tecido conjuntivo subjacente.
- **Defesa orgânica.** Os tecidos conjuntivos possuem células produtoras de anticorpos e células que fagocitam agentes infecciosos.

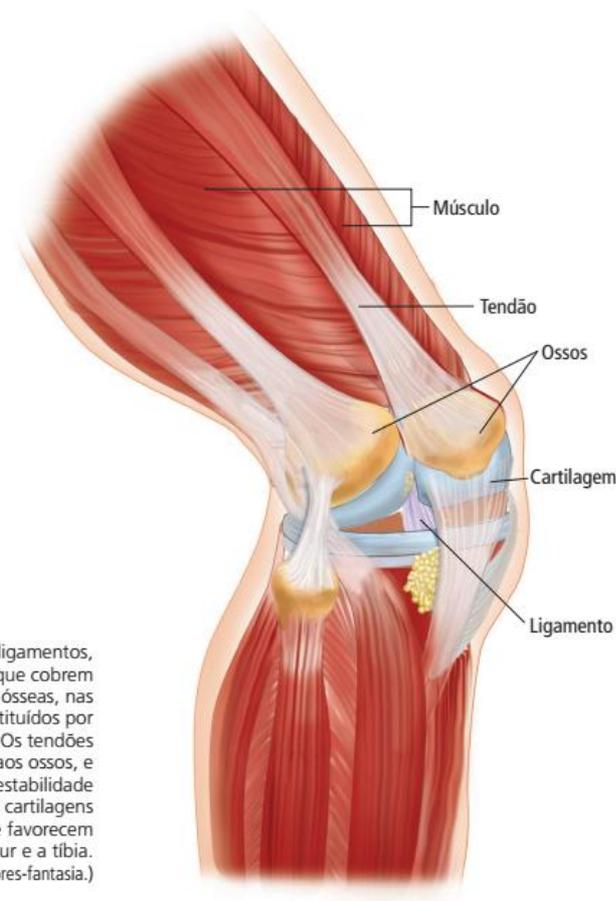


Figura 1. Tendões, ligamentos, ossos e cartilagens que cobrem as superfícies ósseas, nas articulações, são constituídos por tecido conjuntivo. Os tendões unem os músculos aos ossos, e os ligamentos dão estabilidade às articulações. As cartilagens reduzem o impacto e favorecem o encaixe entre o fêmur e a tíbia. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Tipos especiais de tecidos conjuntivos

O tecido conjuntivo encontrado na maior parte do corpo, preenchendo espaços entre os demais tecidos, apresenta fibras esparsas e tem consistência delicada; por isso, é denominado **tecido conjuntivo frouxo**. Já na derme, junto aos nervos, nas cápsulas ao redor dos órgãos, nos tendões e nos ligamentos, as fibras são mais numerosas e agrupadas, o que confere maior resistência e menor elasticidade, constituindo o **tecido conjuntivo denso**.

O **sangue** e o **tecido ósseo** são tipos de tecido conjuntivo que, por sua importância e suas especificidades, serão abordados em separado. Alguns outros tipos de tecido conjuntivo são:

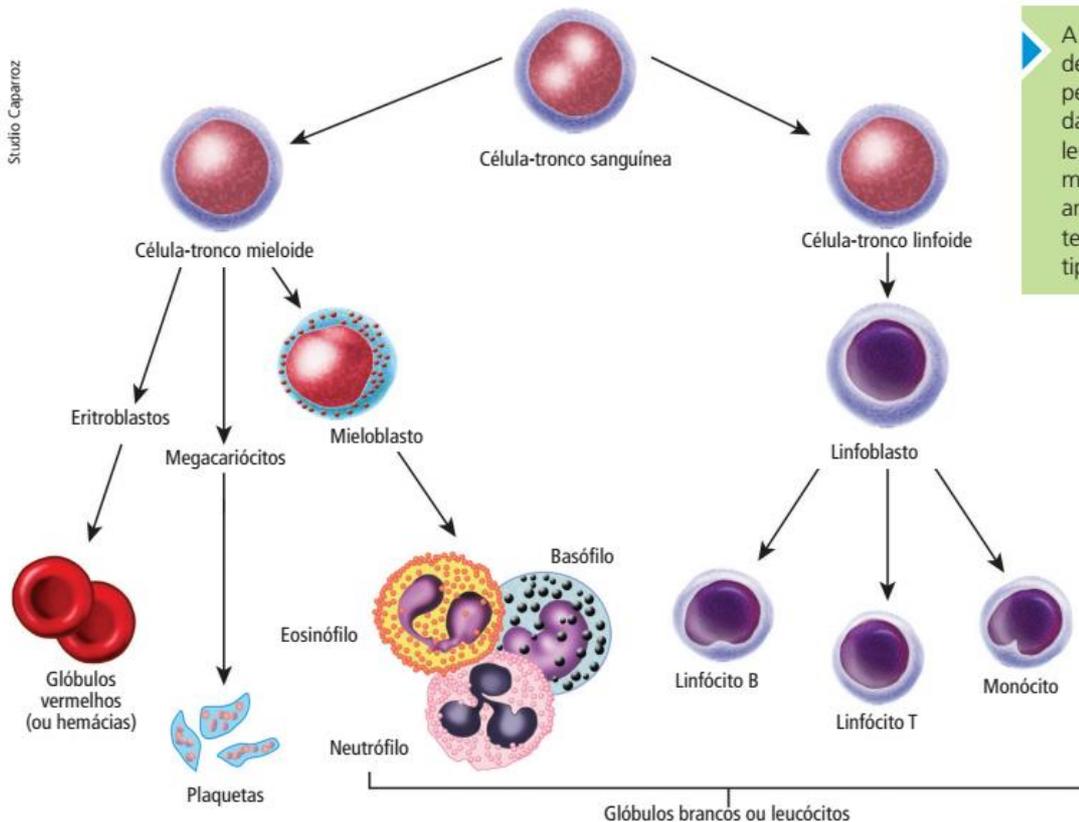
- **Tecido mononuclear fagocitário** (ou reticuloendotelial). Inclui as células fagocitárias de todo o organismo, principalmente os **macrófagos** (do grego *makros*, grande, e *phagos*, o que come), que executam movimentos ameboides, têm grande capacidade de fagocitose e muitos lisossomos no citoplasma, cujas enzimas digerem o material englobado (**figura 2**). São encontrados na pele, nas vias aéreas, no baço, nos linfonodos e em outros órgãos e participam da defesa contra infecções.
- **Tecido hematopoético**. Responsável pela **hematopoese** (do grego *haima*, sangue, e *poiesis*, formação), encontra-se na medula óssea vermelha, onde há células-tronco que produzem células do sangue. As células-tronco diferenciam-se em células precursoras linfóides, que originam linfócitos (células de defesa), e células precursoras mielóides, que produzem os eritroblastos (que se enchem de hemoglobina e perdem o núcleo, dando origem às hemácias), os megacariócitos (cujos prolongamentos citoplasmáticos se rompem e desprendem fragmentos celulares denominados plaquetas) e os mieloblastos, que produzem os basófilos, eosinófilos, neutrófilos e plaquetas.

No feto humano, a hematopoese ocorre na medula óssea, no fígado, no baço e nos gânglios linfáticos. As hemácias fetais, mais frágeis, são destruídas precocemente, e essa produção suplementar é chamada hematopoese extramedular.

Nos recém-nascidos humanos, a hematopoese acontece na medula óssea de todos os ossos do corpo. Nos adultos, a medula óssea vermelha é encontrada apenas em costelas, vértebras, ossos do crânio, esterno e ossos da pelve. A medula dos ossos longos (fêmur, tíbia e úmero) é ocupada pela medula óssea amarela, rica em gordura e sem função hematopoética.



Figura 2. Macrófago (em amarelo) fagocita células bacterianas (em vermelho), posteriormente digeridas pelos lisossomos citoplasmáticos. Os macrófagos representam uma importante linha de defesa do organismo. (Imagem de microscopia eletrônica, aumento de cerca de 15 000 vezes; colorida artificialmente.)



A leucemia é uma forma de câncer caracterizada pela proliferação anormal das células precursoras dos leucócitos. A ocupação da medula óssea pelas células anormais pode comprometer a produção dos demais tipos celulares.

Figura 3. Destino das células-tronco da medula óssea vermelha. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

- **Tecido cartilaginoso.** Menos resistente e mais elástico que o tecido ósseo, forma as **cartilagens**, que sustentam algumas partes do corpo, como o pavilhão da orelha e o nariz, diminuem o atrito entre as superfícies articulares dos ossos e mantêm a traqueia e os brônquios abertos, permitindo a passagem do ar. O interstício — ou matriz cartilaginosa — é abundante, rico em colágeno e não mineralizado. Há diferentes tipos de células: os condroblastos sintetizam as proteínas da matriz; os condrócitos mantêm a matriz; os condroclastos são ricos em lisossomos, cujas enzimas proteolíticas digerem e remodelam a matriz. O tecido cartilaginoso é uma exceção entre os tecidos conjuntivos, pois é avascular. Suas células recebem nutrição e oxigenação dos tecidos envolventes. Tem baixa taxa metabólica e pequeno poder de regeneração.
- **Tecido adiposo.** Tipo de tecido conjuntivo em que predominam os **adipócitos** (**figura 4**), células que acumulam reserva energética na forma de gorduras, principalmente triacilgliceróis. Contribui para a manutenção da temperatura corporal e ocupa espaços entre os órgãos, sustentando-os em suas posições e protegendo-os contra choques mecânicos. Os rins, por exemplo, têm ao seu redor uma espessa camada de gordura. O tecido adiposo produz vários compostos, como o hormônio leptina (que, entre outras funções, atua na parte central do sistema nervoso, levando a informação de saciedade e promovendo, com isso, a redução da ingestão de alimentos).

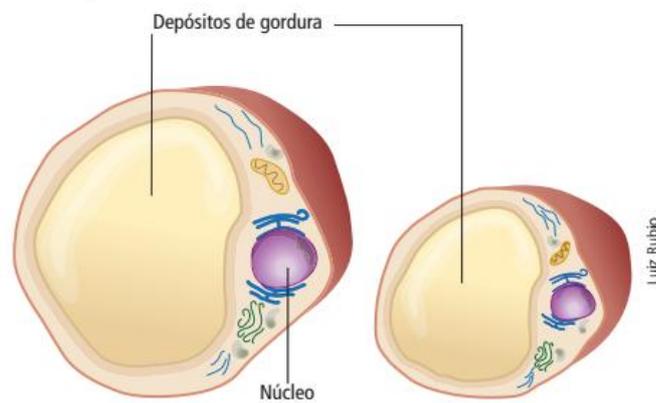


Figura 4. Adipócitos (do latim *adipis*, gordura), células cujo citoplasma é repleto de gordura. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define obesidade como “uma doença na qual a gordura corporal está excessivamente acumulada e pode afetar a saúde”. (WHO. **Obesity: preventing and managing the global epidemic: Report of WHO consultation group on obesity**. Genebra, 1997. Tradução nossa.) Leia mais sobre o tema obesidade no artigo “Obesidade atinge mais da metade da população brasileira, aponta estudo”. Disponível no site do Portal Brasil: <<http://tub.im/omt9du>>. Acesso em: jan. 2016.

Um planeta obeso

O tecido adiposo corresponde a 15-20% da massa corporal nos homens e a 20-25% nas mulheres. Quando a quantidade de gordura corporal ultrapassa esses valores, surgem o sobrepeso e a obesidade, que resultam basicamente de um desequilíbrio entre a quantidade de energia que o indivíduo ingere e a quantidade de energia que ele gasta. Quando sobra energia, esta é convertida em gordura e armazenada no tecido adiposo.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a obesidade é uma doença crônica caracterizada pelo aumento da massa corporal à custa de gordura, com repercussões na qualidade e na expectativa de vida. Essa doença vem se alastrando no mundo, a ponto de ser considerada uma epidemia. Pelos dados da OMS, são mais de 1 bilhão de adultos com sobrepeso e 300 milhões de obesos.

No Brasil, acompanhando a tendência mundial, a obesidade representa grave problema de saúde pública. Nas últimas três décadas, como consequência da alteração, para pior, do padrão alimentar, os brasileiros estão mais pesados. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mais de 45 milhões de brasileiros têm massa corporal superior à recomendada, o que equivale a aproximadamente 51% da população adulta. Desse total, pouco mais de 15 milhões são considerados obesos. É particularmente preocupante o crescimento da obesidade entre crianças e adolescentes. A prevenção da obesidade é funda-

mental, pois um adolescente com excesso de peso tem cerca de 70% de probabilidade de permanecer assim na idade adulta.

Um dos métodos utilizados para avaliar a massa corporal é o **índice de massa corporal (IMC)**, que tem limitações, pois não permite determinar quanto da massa corporal se deve à massa gordurosa, característica da obesidade. É o caso de muitos atletas cuja massa corporal “excessiva” resulta do aumento da massa muscular (massa magra), e não da massa gordurosa.

A quantidade de gordura abdominal pode ser avaliada medindo-se a circunferência abdominal (no Brasil, limite de 94 centímetros para os homens e de 80 centímetros para as mulheres) ou calculando-se a relação entre a medida da cintura e a medida dos quadris (limite de 0,90 para os homens e de 0,85 para as mulheres).

A obesidade é uma doença multifatorial, determinada por fatores genéticos, étnicos, metabólicos, culturais, comportamentais e dietéticos. Sendo um problema de saúde, deve ser tratada como tal. Doenças cardiovasculares, vários tipos de câncer, diabetes, problemas ortopédicos, apneia do sono e cálculos biliares, entre outros distúrbios, são muito mais frequentes em pessoas com aumento da massa corporal; isso sem contar os prejuízos psicossociais relacionados à discriminação dos indivíduos nessa condição. E muito importante: obesidade não é assunto para amadores e não se resolve com dietas da moda!

Tecido ósseo, ossos e esqueleto

Principal componente dos ossos, o **tecido ósseo** relaciona-se com a realização de movimentos, a sustentação do corpo, a proteção de órgãos vitais, como o encéfalo (encerrado na caixa craniana) e a medula espinal (no interior dos anéis da coluna vertebral), e o depósito de minerais, como o cálcio e os fosfatos.

O abundante interstício do tecido ósseo, chamado **matriz óssea**, contém sais de cálcio e fósforo (principalmente hidróxiapatita) e uma porção orgânica proteica, com predominância de colágeno. Mergulhados na matriz óssea, estão diferentes tipos de célula: os osteoblastos produzem a parte orgânica da matriz (o grande nucléolo e o retículo endoplasmático granuloso muito desenvolvido sugerem intensa síntese de proteínas); os osteócitos são responsáveis pela manutenção da matriz óssea; os osteoclastos são células grandes e móveis, multinucleadas e ricas em lisossomos, cujas enzimas digerem a matriz óssea, permitindo a remodelação dos ossos. À medida que produzem mais matriz, os osteoblastos são aprisionados por ela e transformam-se em osteócitos.

O **esqueleto** apresenta o maior depósito de cálcio do corpo. Embora não aparente, o tecido ósseo é muito ativo e realiza intenso intercâmbio de cálcio com o sangue, mantendo constante a concentração desse mineral no plasma sanguíneo.

Os **ossos** são órgãos formados principalmente por tecido ósseo, embora tenham ainda outros tecidos, vasos sanguíneos, gordura etc. São recobertos pelo perióstio, camada vascularizada e inervada de tecido conjuntivo. Formam um sistema de alavancas, que potencializam a força gerada pela contração muscular. Nos ossos, o tecido ósseo está disposto em camadas concêntricas ao redor de canais centrais, dispostos longitudinalmente no osso e que se comunicam uns com os outros por canais perforantes (**figura 5**).

Os ossos longos, como o fêmur (cujo comprimento supera várias vezes as outras dimensões), têm duas extremidades ou epífises; o corpo do osso é a diáfise; entre a diáfise e cada epífise, fica a metáfise. A diáfise é um tubo de tecido ósseo compacto, contendo um canal medular ocupado por gordura. As epífises e a metáfise são formadas por tecido ósseo esponjoso, em que existe mais espaço entre as camadas de tecido ósseo (**figura 5**).

Os ossos podem crescer em comprimento e em espessura. A cartilagem epifisária (ou cartilagem de crescimento), responsável pelo crescimento longitudinal, é progressivamente substituída, nos seres humanos, entre 17 e 21 anos de idade, por tecido ósseo. A partir dessa idade, o crescimento é interrompido, e o osso continua a crescer apenas em espessura, pela deposição de mais tecido ósseo sob o perióstio.

Nos ossos curtos, constituídos por tecido ósseo esponjoso e encontrados nas mãos e nos pés, as dimensões praticamente se equivalem. Os ossos achatados (ou planos), como os do crânio e da cintura pélvica, o esterno e a escápula, são formados por duas camadas de tecido ósseo compacto, havendo entre elas uma camada de tecido ósseo esponjoso.

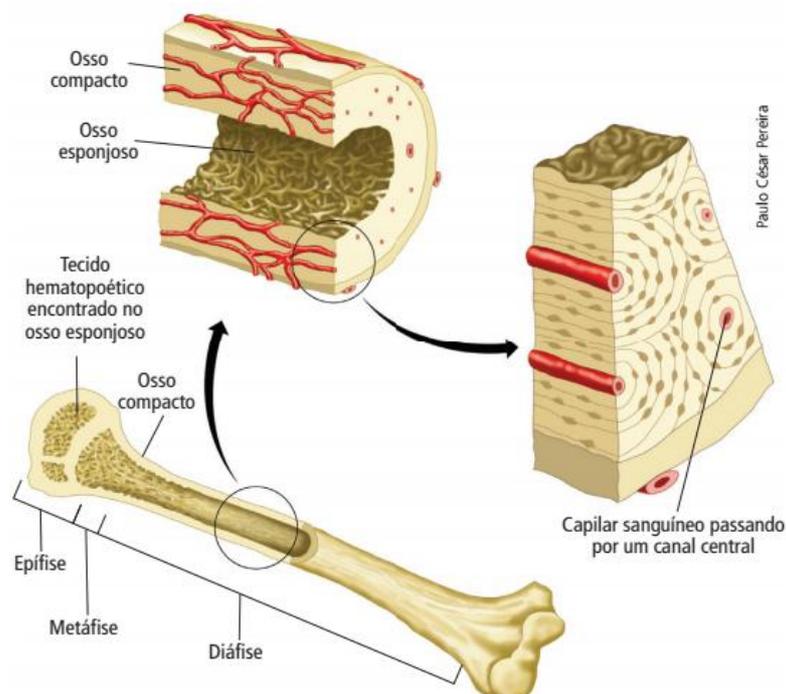


Figura 5. Representação das partes que constituem o osso. Pelos canais centrais passam os vasos sanguíneos que nutrem e oxigenam o tecido ósseo. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

► Esqueleto: tipos e divisões

Animais exibem diferentes padrões esqueléticos. Esqueletos externos (ou **exoesqueletos**) existem em certos invertebrados, como moluscos e artrópodes. Esqueletos internos (ou **endoesqueletos**), de composição variável, são encontrados em poríferos (esponjas), equinodermos (estrelas-do-mar e ouriços-do-mar, por exemplo) e cordados (anfíoxo, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos).

Tubarões e arraias têm **esqueleto cartilaginoso**, com deposição de sais de cálcio como reforço em algumas regiões. Peixes ósseos e vertebrados tetrápodes (anfíbios, répteis, aves e mamíferos) possuem **esqueleto ósseo**, embora haja regiões com cartilagem, como as superfícies articulares dos ossos.

Nas porções mais próximas ao tronco, os membros dos tetrápodes apresentam um osso longo e resistente (o fêmur nos membros inferiores e o úmero nos membros superiores), enquanto as porções distais possuem dois ossos (a tíbia e a fíbula, nos membros inferiores; o rádio e a ulna, nos membros superiores) (**figura 6a**).

Nas mãos dos seres humanos, encontram-se os diversos ossos do carpo, do metacarpo e das falanges; nos pés estão os ossos do tarso, do metatarso e das falanges.

O esqueleto é um conjunto de estruturas rígidas, porém articuladas. As articulações (ou juntas) são pontos de contato entre ossos vizinhos, podendo ou não permitir seu movimento (**figura 6b**). Algumas articulações, como as que existem no crânio de um adulto, são imóveis e resultam de soldaduras entre os ossos.

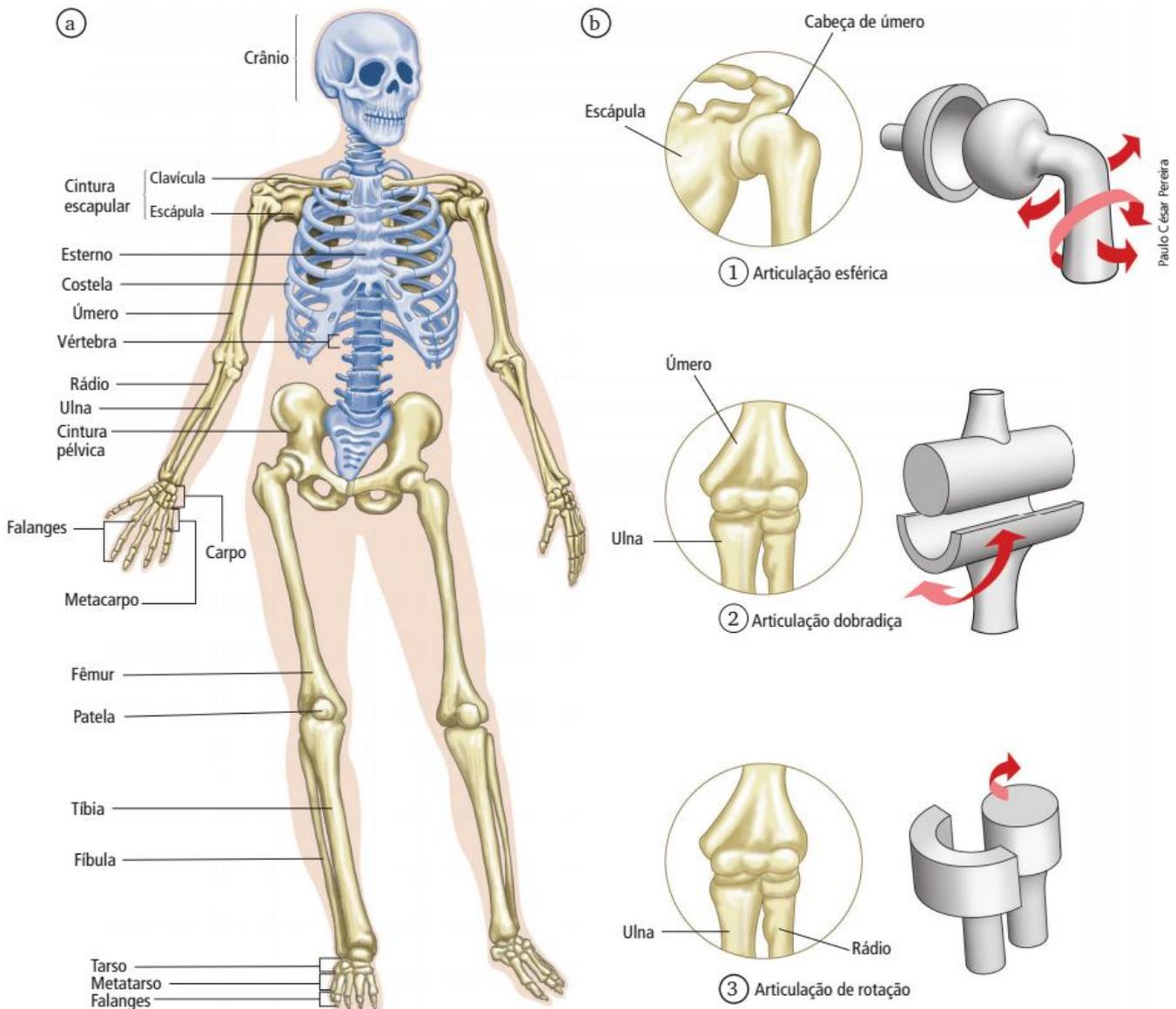


Figura 6. (a) Esqueleto humano e suas divisões. Os ossos da cabeça, a coluna vertebral, as costelas e o esterno formam o esqueleto axial (em azul); as cinturas (ou cíngulos) escapular (clavículas e escápulas) e pélvica (ossos do quadril), além dos ossos dos membros superiores e inferiores, constituem o esqueleto apendicular (amarelado). (b) Cada tipo de articulação possibilita movimentos específicos. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Com o aumento da expectativa de vida da população brasileira, verifica-se maior número de casos de acidentes com idosos e, segundo dados do Ministério da Saúde, cerca de 80% desses acidentes ocorrem na própria residência. A maioria dos casos poderia ser evitada com medidas preventivas relativamente simples e baratas. Os casos mais comuns envolvem quedas, queimaduras e intoxicações (principalmente por medicamentos, produtos de higiene ou limpeza e alimentos deteriorados). A respeito desse tema, leia a nota a seguir.

Cerca de 30% dos idosos sofrem quedas dentro de casa anualmente

As quedas são responsáveis por mais de um terço dos acidentes domésticos. Na cidade de São Paulo, a cada três dias uma pessoa morre após cair de uma laje. E o risco aumenta de acordo com o avanço da idade.

O Ministério da Saúde estima que, pelo menos uma vez por ano, cerca de 30% dos idosos irão cair. Essas ocorrências tendem a crescer entre as pessoas com mais de 85 anos, podendo chegar a 51% nessa faixa. Junto com as quedas, os riscos de fraturas também aumentam: de 5% a 10% das quedas resultam em ferimentos mais graves nos idosos.

Dois fatores influenciam para que os acidentes ocorram com maior frequência na terceira idade. Um está relacionado às alterações fisiológicas. Visão, audição, postura, equilíbrio e locomoção acabam sofrendo limitações com o envelhecimento e podem prejudicar a estabilidade do idoso.

O outro fator tem a ver com o ambiente em que o idoso vive. Cerca de 70% das quedas ocorrem dentro de casa. Por isso é importante ficar atento a alguns cuidados que podem ser tomados para minimizar a ocorrência de quedas.

Veja como deixar os ambientes da sua casa mais seguros

- O chão não pode ser escorregadio.
- Não deve haver obstáculos no caminho, como brinquedos, tapetes e móveis baixos.
- Ao lado da cama do idoso deve haver algum objeto luminoso para que ele consiga acender a luz e ver o ambiente antes de se levantar.
- O chão do banheiro não deve ficar molhado e dentro do box deve haver tapetes antiderrapantes, para evitar que o idoso escorregue.
- Se for possível, coloque barras de segurança nos banheiros:

Na discussão dos resultados, das hipóteses e das propostas apresentadas nesta atividade, procure envolver profissionais de engenharia, arquitetura, médicos, agentes de saúde e outros que você considerar viável e/ou conveniente. Professores de Educação Física podem abordar a importância da preservação da massa e do tônus muscular e da flexibilidade, além de cuidados com as articulações e com a coluna vertebral; os colegas de Química podem abordar as principais causas de intoxicações no ambiente doméstico; professores de Física podem destacar cuidados com iluminação, escadas, rampas e instalações elétricas e hidráulicas.

Atividades

Escreva no caderno

Depois da leitura da notícia, organizem-se em grupos e façam a pesquisa de campo proposta a seguir.

1. Procurem identificar, na comunidade, moradias nas quais residam pessoas idosas (idade superior a 60 anos).
2. Elaborem questionários que levantem informações relevantes sobre acidentes domésticos, classificando-os segundo critérios pre-estabelecidos (por exemplo: idade do acidentado, cômodo da residência, tipo de ocorrência etc.).
3. Verifiquem a existência, nas residências pesquisadas, de equipamentos e instalações destinadas à prevenção de acidentes domésticos.
4. Exponham os dados obtidos, empregando tabelas e gráficos.
5. Tragam os resultados para apresentação e discussão em classe.
6. Levantem hipóteses que expliquem por que muitas famílias resistem a instalar equipamentos de proteção.
7. Elaborem projetos de prevenção de acidentes domésticos destinados à sua comunidade.

Quedas: Todo o Cuidado é Pouco



Doenças que afetam a visão e dificultam o caminhar.



Ambientes com pouca iluminação, pisos escorregadios.



Escadas sem corrimão, sinalização e piso escorregadio.



Cadeiras, camas e vasos sanitários muito baixos e sem apoio para sentar e levantar.



Banheiros sem barras de apoio.



Obstáculos no caminho, como móveis baixos e fios, presença de animais domésticos.



Bengalas ou andadores com ponteiros danificados.

#saúde nasredes
blog.saude.gov.br



/minsaude

Sangue

O sangue é um tecido conjuntivo que se caracteriza por apresentar o interstício líquido. Uma pessoa adulta com 60 quilos possui aproximadamente 4,5 litros de sangue na circulação. O sangue contém o **plasma**, abundante composto intercelular líquido e que representa 55% do volume sanguíneo. Os 45% restantes são constituídos por diferentes tipos de **elementos figurados** (hemácias, leucócitos e plaquetas) mergulhados no plasma. O sangue realiza o transporte de compostos e contém células encarregadas da defesa do organismo (**figura 7**).

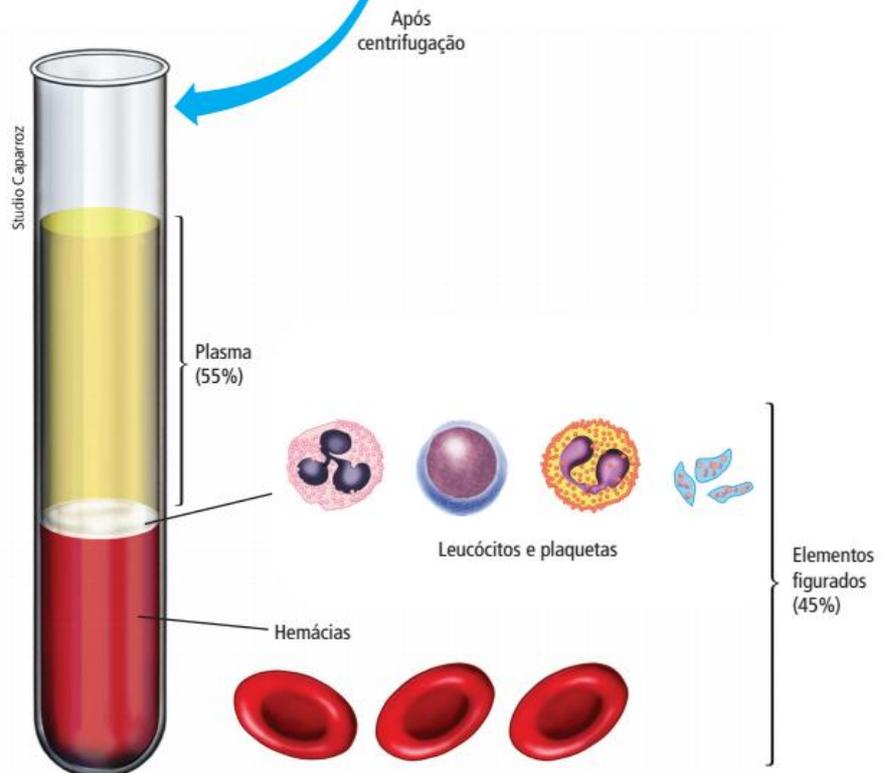
Os componentes do sangue podem ser separados por centrifugação e analisados. O plasma é composto principalmente por água (90%) e proteínas (7%). Os demais componentes são sais minerais (0,9%), glicose (0,1%), aminoácidos, gorduras, vitaminas e outros componentes (2%). As proteínas mais abundantes são a albumina e as globulinas (entre elas, as imunoglobulinas ou anticorpos).

A pressão osmótica do plasma sanguíneo equivale à de uma solução de cloreto de sódio a 0,9%, conhecida como solução fisiológica, habitualmente usada em soro endovenoso, na limpeza de ferimentos, queimaduras e outras ocorrências.

Figura 7. Após a coleta de sangue, separam-se do plasma sanguíneo, por centrifugação, os elementos figurados: hemácias (também chamadas glóbulos vermelhos ou eritrócitos), leucócitos (ou glóbulos brancos) e plaquetas. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)



Ton Koene/AGE Fotostock/Easytik Brasil



▶ Elementos figurados

As **hemácias** têm forma de disco bicôncavo, cujo diâmetro atinge 7 μm , e são anucleadas somente nos mamíferos. Os homens têm cerca de 5,5 milhões de hemácias por milímetro cúbico de sangue; nas mulheres, são 4,5 milhões por milímetro cúbico. No interior das hemácias está a **hemoglobina**, proteína transportadora de gás oxigênio (O_2), formada por quatro cadeias polipeptídicas ligadas a um grupo heme (composto químico em cujo centro existe um íon ferro).

Em cada milímetro cúbico de sangue, um ser humano adulto apresenta de 5 mil a 10 mil **leucócitos**, cujo diâmetro varia de 8 μm a 12 μm . Essas células atuam na defesa do organismo contra agentes infecciosos ou toxinas e classificam-se em granulócitos (neutrófilos, basófilos e eosinófilos), que têm o citoplasma ocupado por grânulos, e agranulócitos (linfócitos e monócitos), em cujo citoplasma não se observam grânulos.

A contagem de leucócitos, no exame hematológico, pode indicar a ocorrência de uma infecção e sugerir o tipo de agente causador. Em muitas doenças infecciosas — como pneumonias e meningites bacterianas — a contagem de glóbulos brancos no sangue aumenta (leucocitose). Por outro lado, certas infecções virais diminuem a contagem de glóbulos brancos (leucopenia), como acontece no sarampo, por exemplo.

As **plaquetas** não são células, mas fragmentos citoplasmáticos liberados pelos megacariócitos. Têm formato discoide, são anucleadas e seu diâmetro pode alcançar 3 μm . Existem de 150 mil a 350 mil plaquetas por milímetro cúbico de sangue. Elas participam da coagulação do sangue, e a diminuição de seu número predispõe a sangramentos. Enquanto os demais componentes do sangue estão presentes em todos os vertebrados, as plaquetas são encontradas apenas em mamíferos.

As hemácias permanecem na circulação por cerca de 90 a 120 dias, sendo destruídas principalmente no baço. A parte proteica e os íons de ferro da hemoglobina são reaproveitados, mas o grupo heme é transformado em **bilirrubina**, composto excretado com a bile. Embora importante, o baço não é um órgão fundamental à vida. Na sua ausência, células do fígado e da medula óssea vermelha passam a remover células sanguíneas envelhecidas ou defeituosas.

A bilirrubina, quando em excesso no sangue, deposita-se na pele e nas mucosas, as quais adquirem coloração amarelada, condição conhecida como **icterícia**, observada em doenças como a hepatite. Cerca de 30% dos recém-nascidos normais apresentam algum grau de icterícia, mesmo não existindo qualquer doença.

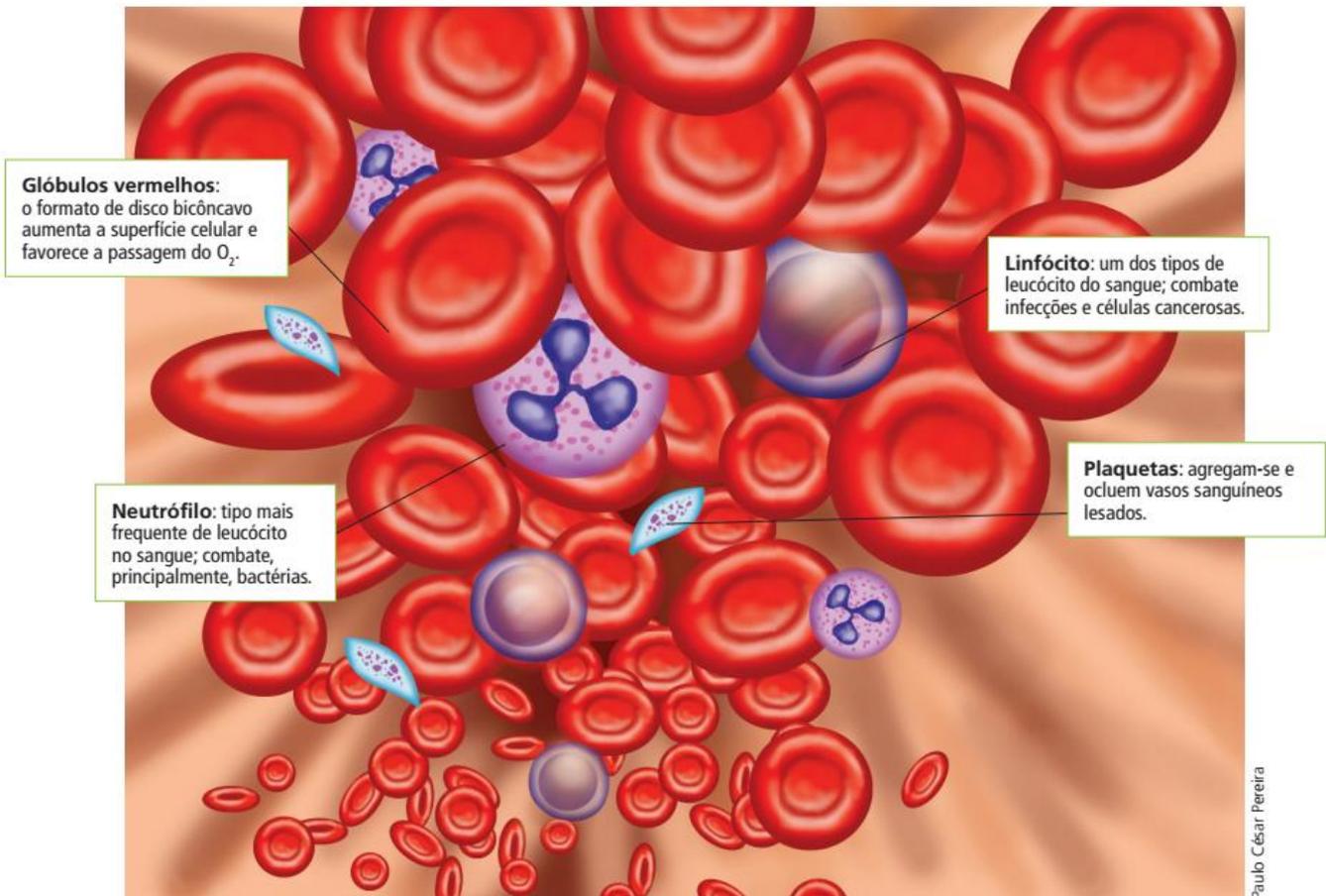


Figura 8. Elementos figurados do sangue: hemácias, plaquetas e leucócitos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ Anemias

Anemia é a redução da quantidade de hemácias circulantes ou da concentração de hemoglobina no sangue (abaixo de 11 g/100 mL de sangue), o que diminui a capacidade do sangue de transportar gás oxigênio até os tecidos do corpo. A falta de oxigenação dos tecidos prejudica a respiração celular aeróbia, a produção de ATP e a geração de calor.

As **anemias carenciais** decorrem da deficiência de determinados nutrientes, como ferro, vitamina B12 e ácido fólico. A anemia ferropriva, ocasionada pela deficiência de ferro, é mais comum em mulheres, em razão do fluxo menstrual. A anemia perniciosa resulta da absorção deficiente de vitamina B12 da dieta, que dificulta a produção de hemácias.

A **anemia espoliativa** resulta da perda de sangue causada por doenças como parasitoses e úlcera do estômago. Já a **anemia aplástica** é causada pela produção deficiente de glóbulos vermelhos. Pode ser decorrente de leucemia ou outras formas de câncer, em que células anormais se infiltram na medula óssea vermelha, que produz células do sangue, afetando a hematopoese.

A **anemia hemolítica** resulta da ruptura de hemácias (**hemólise**) em razão de distúrbios genéticos, por ação de parasitas, toxinas ou anticorpos adquiridos em transfusões com sangue incompatível. A doença falciforme (anemia falciforme ou siclemia) é um exemplo de anemia hemolítica, de base hereditária, provocada pela substituição de um aminoácido na hemoglobina. Em baixas concentrações de gás oxigênio, as hemácias com hemoglobina alterada adquirem forma de foice (falciformes), tornando-se frágeis e sofrendo hemólise.

▶ Transporte de gases respiratórios

A obtenção de gás oxigênio (O_2) e a remoção do gás carbônico (CO_2) são atividades essenciais à vida. O metabolismo aeróbio é mais eficiente e rentável que a fermentação em termos de moléculas de ATP geradas por molécula de glicose consumida, e a maioria das células dos organismos aeróbios tolera durante pouco tempo o metabolismo anaeróbio. Por outro lado, o acúmulo de CO_2 torna o meio interno ácido, pela formação de ácido carbônico, o que pode levar à morte.

Os animais desenvolveram numerosas estratégias adaptativas na solução desse problema. Aqueles com corpo muito pequeno ou formato achatado têm as células localizadas próximas da superfície, e os gases respiratórios (O_2 e CO_2) podem vencer essa pequena distância por difusão simples (**figura 9a**).

Os animais de maior porte dependem de mecanismos mais elaborados para fornecimento de O_2 e remoção do CO_2 . Insetos e outros artrópodes contam com uma rede de canalículos (traqueias e traquéolas) que penetra através dos tecidos, permitindo a ocorrência de trocas gasosas diretamente entre o ar e as células (**figura 9b**).

Em outros animais, o sangue é o veículo de transporte dos gases respiratórios e estabelece conexão entre os tecidos e as superfícies respiratórias: a pele (respiração cutânea, como em anelídeos e anfíbios), as brânquias (respiração branquial de moluscos e peixes, por exemplo) e os pulmões (respiração pulmonar, como a dos mamíferos). Nesses casos, ocorre **hematose**, trocas gasosas entre o sangue e o ambiente, através da superfície respiratória (**figura 9c**).

Figura 9. (a) Platelminhos marinhos (na foto, *Pseudobiceros flowersi*, 4 cm de comprimento), (b) insetos (na foto, *Apis mellifera*, 1,5 cm de comprimento) e (c) peixes (na foto, *Acanthurus xanthopterus*, 25 cm de comprimento) possuem diferentes mecanismos de trocas gasosas.

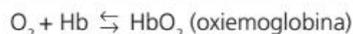


▶ Transportando o gás oxigênio

Em vertebrados, uma fração ínfima do gás oxigênio (O_2) é transportada dissolvida no plasma. Em 100 mL de plasma sanguíneo, apenas 0,3 mL de gás oxigênio é transportado e dissolvido; todavia, igual volume de sangue transporta até 20 mL do gás, principalmente ligado à hemoglobina.

Animais cujo sangue conduz gases respiratórios geralmente possuem moléculas transportadoras — os pigmentos respiratórios (como a hemoglobina) — que se ligam ao O_2 na superfície dos órgãos respiratórios (onde a concentração do gás é alta) e liberam o O_2 nos tecidos (onde a concentração é baixa). Esses pigmentos aumentam consideravelmente a capacidade de o sangue transportar O_2 . Na maioria dos invertebrados, eles estão presentes no plasma. Entretanto, nos vertebrados, encontram-se no interior das hemácias.

Na pele, nas brânquias e nos pulmões, sob elevada concentração de O_2 , a hemoglobina (Hb) liga-se ao O_2 e forma a **oxiemoglobina** (HbO_2). Nos capilares dos tecidos, sob baixa concentração de O_2 , a ligação se desfaz, e a oxiemoglobina libera o O_2 para as células.



Habitantes de regiões altas têm mais hemoglobina que as pessoas que vivem no nível do mar. Em altitudes superiores a 3000 m, a concentração normal de hemoglobina é de 16 g/100 mL a 18 g/100 mL de sangue, enquanto, no nível do mar, a concentração varia entre 12 g/100 mL e 16 g/100 mL. A frequência cardíaca e o volume-minuto respiratório (quantidade de ar renovado dos pulmões por minuto) também são mais elevados.

Quando atletas disputam competições em locais de altitude elevada (como La Paz, na Bolívia, e Cidade do México), costumam queixar-se de cansaço, dor de cabeça, taquicardia (aumento da frequência cardíaca) e náuseas (**figura 10**). Em altitudes elevadas o ar é rarefeito, e a oferta de gás oxigênio é menor que no nível do mar. Se os atletas passarem duas ou três semanas em locais de altitude elevada, a baixa saturação de O_2 no sangue fará os rins secretarem **eritropoetina**, hormônio que estimula a medula óssea vermelha a produzir mais hemácias e mais hemoglobina. O aumento da quantidade de hemácias e de hemoglobina eleva a capacidade de captação e transporte de O_2 .

Alguns poluentes podem interferir na ação da hemoglobina. O monóxido de carbono (CO), liberado na queima de combustíveis fósseis (como o diesel, a gasolina e o carvão), liga-se à hemoglobina, formando a carboxiemoglobina.



Na molécula de hemoglobina, o monóxido de carbono ocupa os locais onde se liga o O_2 . Todavia, a afinidade da hemoglobina com o monóxido de carbono é cerca de 300 vezes maior que com o O_2 . Se a concentração de CO no ar inspirado for muito alta, mesmo que haja gás oxigênio, não há como absorvê-lo e transportá-lo dos pulmões aos tecidos. Em alguns minutos, começam as manifestações da intoxicação: dor de cabeça, tontura, escurecimento da visão, desmaio e asfixia, podendo ocorrer morte.

Apesar de estável, a ligação da hemoglobina com o monóxido de carbono é reversível: se a concentração de O_2 no ar inalado for mais de 300 vezes superior à concentração de monóxido de carbono, a hemoglobina desliga-se do monóxido de carbono e liga-se ao O_2 . Em caso de intoxicação pelo monóxido de carbono, a pessoa deve ser colocada para respirar ar puro ou, se possível, O_2 puro. Quanto maior for a concentração de O_2 no ar inalado, mais rapidamente ele deslocará o monóxido de carbono da hemoglobina, restabelecendo a formação da oxiemoglobina e a capacidade de transporte do O_2 .

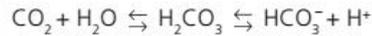
▶ Em áreas em que se usam fertilizantes agrícolas contendo nitratos, é relativamente comum a intoxicação por **nitritos**, que podem contaminar a água ou os alimentos. Nitritos reagem com a hemoglobina e impedem o transporte do O_2 , o que deixa a pessoa com coloração arroxeada. Essa é uma das razões para que seja dada destinação adequada a todas as embalagens de produtos de uso agrícola (fertilizantes, inseticidas, fungicidas etc.).

Figura 10. Jogador recebe atendimento médico e oxigenioterapia depois de indisposição durante partida de futebol na cidade de La Paz, Bolívia, a cerca de 3600 m de altitude.



▶ Transportando o gás carbônico

O dióxido de carbono (CO_2) é o resíduo metabólico liberado em maior quantidade pelas células. Muito solúvel em água, o CO_2 reage com ela, formando o ácido carbônico (H_2CO_3), que, em seguida, ioniza-se nos íons bicarbonato (HCO_3^-) e H^+ . A reação é catalisada pela **anidrase carbônica**, enzima presente no interior das hemácias.



Nos tecidos, a liberação de CO_2 pelas células mantém alta a concentração desse gás no sangue, aumentando a produção de ácido carbônico e, conseqüentemente, a liberação de íons H^+ .

No ar que penetra nos alvéolos pulmonares e na água que banha as brânquias, a concentração de gás carbônico é baixa. Por isso, ao atravessar os órgãos respiratórios, o sangue libera gás carbônico para o ambiente.

Nos vertebrados, o plasma transporta cerca de 70% do gás carbônico como íons bicarbonato; a hemoglobina conduz aproximadamente 25% como carbaminoemoglobina (ou carboemoglobina, HbCO_2); parcela ainda menor do gás carbônico (cerca de 5%) circula dissolvida no plasma.

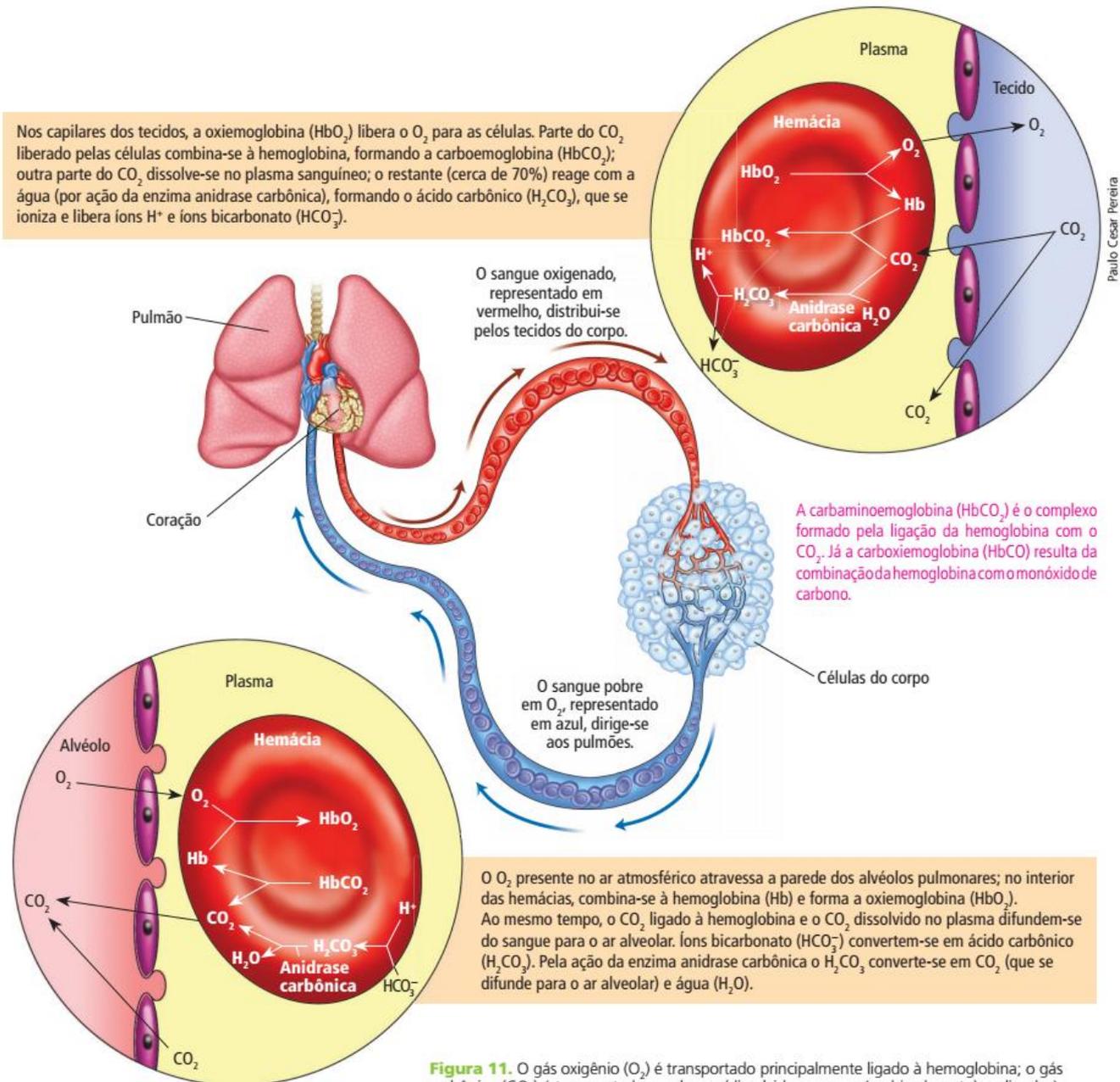


Figura 11. O gás oxigênio (O_2) é transportado principalmente ligado à hemoglobina; o gás carbônico (CO_2) é transportado no plasma (dissolvido ou como íon bicarbonato) ou ligado à hemoglobina. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Sangue e coagulação

Ao descascar uma laranja, um menino corta-se com a faca, e um filete de sangue começa a escorrer da lesão. Um ou dois minutos depois, a saída de sangue interrompe-se, e uma pequena “casca” começa a se formar sobre o corte. Já quando uma pessoa fura as orelhas para colocar brincos, não chega a ocorrer a formação dessa casca; apesar disso, não há perda acentuada de sangue. O que há em comum entre esses dois eventos?

O sangue circula sob pressão, e seu fluxo depende da integridade dos vasos sanguíneos. Os animais, inclusive o ser humano, estão sujeitos a traumatismos e, ocorrendo lesão na parede de um vaso, há saída de sangue (**hemorragia**). Hemorragias arteriais são geralmente mais volumosas que hemorragias venosas, porque a pressão do sangue é maior nas artérias do que nas veias.

Os vertebrados contam com eficientes mecanismos de contenção das hemorragias, e o conjunto desses processos chama-se **hemostasia** (do grego *haima*, sangue; e *stasis*, parada).

Pode-se dividir a hemostasia em quatro fases: vascular, plaquetária, plasmática e regeneração.

Durante a **fase vascular**, a lesão do vaso sanguíneo desencadeia vasoconstrição, isto é, contração dos músculos da parede do vaso, que diminui o fluxo e a perda de sangue. A eficácia desse mecanismo restringe-se a vasos sanguíneos de pequeno calibre. Ao furar a orelha, por exemplo, apenas a reação vascular já interrompe o sangramento.

A **fase plaquetária** depende das **plaquetas**, fragmentos celulares que exibem duas propriedades importantes: a adesividade, capacidade de aderir às bordas da lesão, atraídas por compostos químicos liberados pelos tecidos lesados; e a agregação, união das plaquetas umas às outras, com formação de uma “rolha” que, embora frágil, funciona como um primeiro tampão no local lesado (**figura 12**).

Durante a **fase plasmática**, compostos liberados na lesão pela ruptura das células (fatores teciduais) e pelas plaquetas que se rompem ao aderir ao ferimento (fatores plaquetários) desencadeiam a **coagulação**. Tais compostos — chamados **fatores de coagulação** — têm natureza proteica e permanecem inativos durante a maior parte do tempo.

Durante a coagulação, ocorre uma sequência de reações em cadeia, em que o produto de uma reação é a enzima que catalisa a reação seguinte. Um exemplo é a protrombina, proteína inativa que se converte em trombina, uma enzima. A trombina catalisa a etapa final da cadeia de reações e converte o fibrinogênio (uma proteína solúvel) em **fibrina**, proteína insolúvel que se precipita, formando uma rede que retém principalmente hemácias, assumindo coloração vermelha. A “rolha” que se forma — constituída pela rede de fibrina, plaquetas e hemácias retidas — é o coágulo, que impede o extravasamento de sangue e a entrada de microrganismos na circulação (**figura 12**).

Na **fase de regeneração**, uma vez estancada a hemorragia, o coágulo vai sendo gradativamente digerido por células fagocitárias. O coágulo termina por desprender-se naturalmente, quando ocorre a regeneração do local lesado (endotélio, parede do vaso e tecidos adjacentes). Por isso, se retirarmos a “casquinha” de um ferimento antes de completada a regeneração dos tecidos lesados, o sangramento pode reiniciar.

A síntese de alguns dos fatores de coagulação (como a protrombina) ocorre no fígado e é dependente da vitamina K, cuja deficiência pode provocar hemorragias. A principal fonte da vitamina K nas pessoas adultas são as bactérias da microbiota intestinal. O uso prolongado de antibióticos pode alterar a microbiota e exigir administração medicamentosa dessa vitamina. Recém-nascidos têm o intestino ainda desprovido de bactérias, e a colonização só ocorre entre 24 horas e 48 horas após o nascimento. Embora existam reservas de vitamina K no fígado de crianças que nascem com peso adequado, prematuros podem desenvolver doença hemorrágica, que pode ser prevenida com uma injeção de vitamina K nas primeiras horas de vida.

Doenças hepáticas graves podem provocar hemorragias se deixarem como seqüela a incapacidade do fígado de produzir fatores de coagulação.

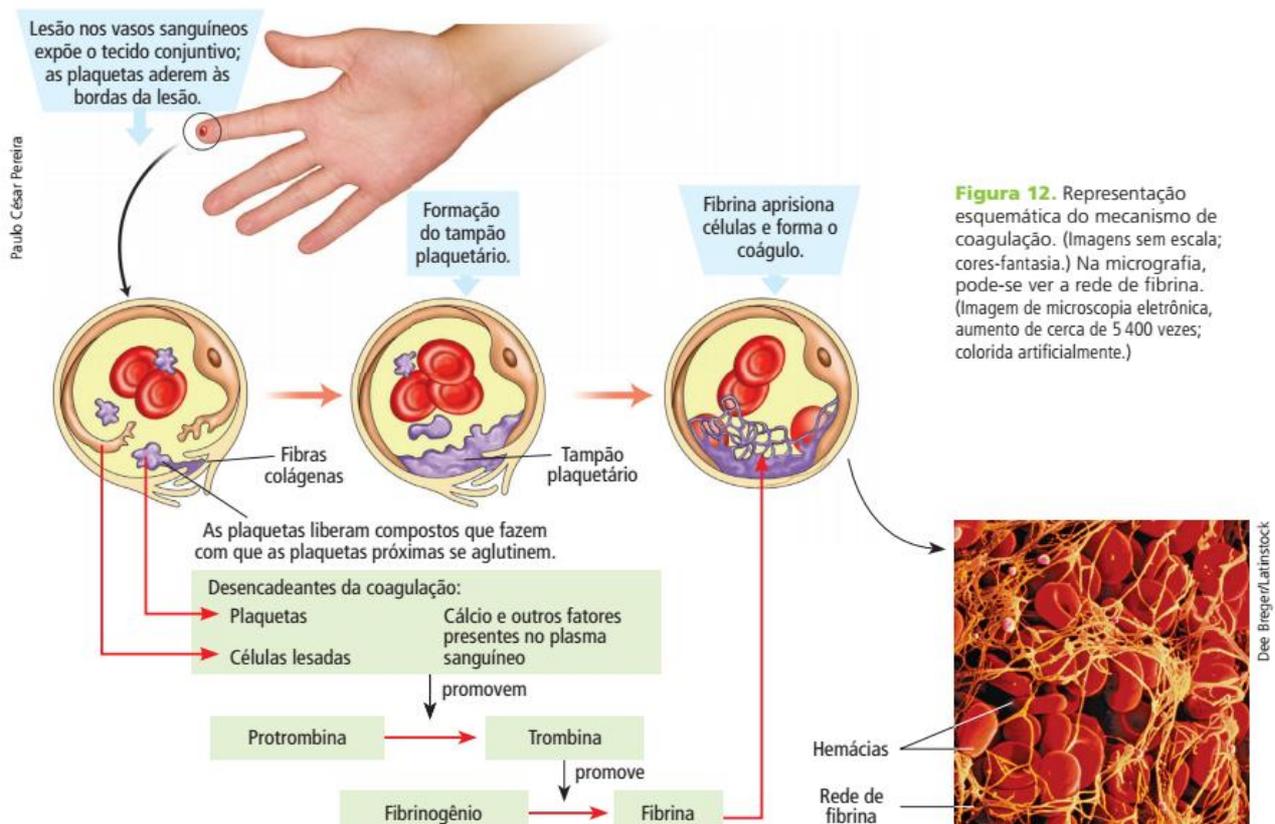


Figura 12. Representação esquemática do mecanismo de coagulação. (Imagens sem escala; cores-fantasia.) Na micrografia, pode-se ver a rede de fibrina. (Imagem de microscopia eletrônica, aumento de cerca de 5 400 vezes; colorida artificialmente.)

A **hemofilia** é uma doença hereditária que afeta a coagulação do sangue. O tipo mais frequente (hemofilia A) consiste na deficiência do fator VIII, um dos fatores de coagulação implicados na ativação da protrombina. Como a coagulação é uma reação em cadeia, a falta desse componente interrompe todo o processo. Os hemofílicos têm episódios frequentes de sangramento, cujo tratamento consiste na administração do fator VIII, que pode ser feita por transfusão de sangue ou de plasma ou pela aplicação de concentrados de fator VIII, obtidos de sangue normal ou por técnicas de engenharia genética.

Já foram desenvolvidas (inclusive no Brasil) cabras e vacas geneticamente modificadas com capacidade de secretar o fator VIII no leite. Uma vez isolada do leite, a proteína pode ser usada no tratamento de pacientes com hemofilia. Das possíveis vantagens do fator VIII produzido por essa técnica, menciona-se a diminuição do custo do tratamento, a maior disponibilidade do produto e a redução do risco de transmissão de doenças como a aids, a hepatite B e a hepatite C, que podem ser veiculadas pelo sangue e seus derivados.

▶ A estreptoquinase, enzima produzida por determinadas bactérias, possui ação fibrinolítica, ou seja, digere a fibrina e dissolve coágulos recém-formados. É aplicada logo após a oclusão das artérias coronárias, em casos de infarto agudo do miocárdio.

▶ Interrompendo a cascata da coagulação

Os **anticoagulantes** — como a heparina, o dicumarol e a hirudina — são compostos que bloqueiam a cascata da coagulação. A maioria impede a produção da protrombina ou a conversão da protrombina (enzima inativa) em trombina (enzima ativa) e, conseqüentemente, a conversão do fibrinogênio (solúvel) em fibrina (insolúvel).

Pulmões, fígado e outros órgãos de mamíferos produzem **heparina**, composto que bloqueia a transformação da protrombina em trombina. A heparina impede a coagulação se for administrada a um paciente (*in vivo*) ou se for misturada com uma amostra de sangue em tubo de ensaio (*in vitro*).

O **dicumarol**, cuja molécula é semelhante à da vitamina K, inibe a produção de protrombina pelo fígado. Produzido por alguns vegetais em decomposição, é usado na composição de alguns raticidas e causa a morte por hemorragias internas. Portanto, o dicumarol só age quando administrado ao paciente e não tem efeito sobre o sangue em um tubo de ensaio, que coagula normalmente, pois na amostra já existe protrombina.

A conversão da protrombina em trombina depende do **cálcio**. Portanto, compostos que removem o cálcio de uma amostra de sangue, como o oxalato e o citrato, atuam como anticoagulantes.

A **hirudina** é uma proteína encontrada na saliva da sanguessuga (*Hirudo medicinalis*) e pode ser produzida por engenharia genética. Por ser um potente inibidor da trombina, permite que esses animais se alimentem de sangue.

Pode-se destacar situações em que o uso de anticoagulantes é necessário. Um primeiro exemplo é a preparação de amostras de sangue para análise laboratorial, quando anticoagulantes são acrescentados ao sangue coletado, evitando que coagule nos frascos. Anticoagulantes também são empregados como medicamento, em quadros clínicos nos quais se deseja reduzir a capacidade de coagulação do sangue (por exemplo, em pacientes com próteses valvulares cardíacas, para evitar a formação de trombos no interior do coração).

Phototake RM/Photot/Diomedea



Figura 13. (a) Glândulas salivares de animais hematófagos, como pernilongos, mosquitos (mostrado na foto, até 1 cm de comprimento), sanguessugas e alguns morcegos, produzem anticoagulantes, que impedem a coagulação do sangue dentro de seus tubos digestórios. (b) A peçonha de serpentes do gênero *Bothrops* — como a jararacuçu (até 2 m de comprimento), a jararaca e a urutu — causa rápida e intensa coagulação do sangue dentro dos vasos sanguíneos. O gasto excessivo dos fatores de coagulação reduz sua concentração plasmática, e a vítima pode ter hemorragias pelo nariz, gengivas, vias digestórias e urinárias.



João Prudente/Pulsar

Atividade prática

Interpretação de exames hematológicos

Objetivo

- Interpretar alguns resultados simples, contidos em exames hematológicos.

Material

- Cópia do resultado de 3 exames hematológicos fictícios fornecidos pelo professor.

Procedimentos

1. Observe os exames hematológicos fornecidos.
2. Identifique, entre os exames hematológicos recebidos:
 - aquele com resultados dentro do esperado;
 - aquele cujo paciente apresenta deficiência no transporte de gases respiratórios.

Resultado e discussão

Escreva no caderno

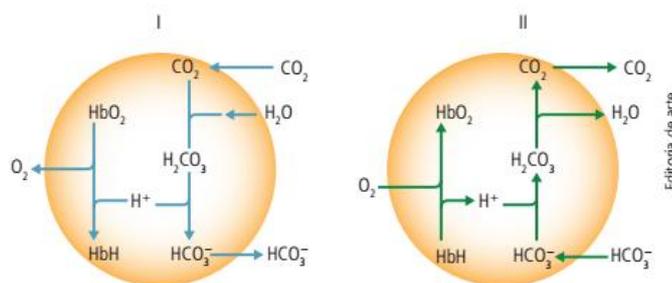
Explique como chegou a essas conclusões e demonstre-as, com base nos dados dos exames hematológicos.

Atividades

Escreva no caderno

1. (Unibe-MG) Nos cordados, são reconhecidos quatro tipos de tecidos: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso. Qual desses tecidos está envolvido na constituição de estruturas relacionadas com a sustentação do corpo e com o preenchimento? Dê as principais características desse tecido.
2. (Udesc-SC) O tecido adiposo é uma das variedades do tecido conjuntivo, presente em animais. Com relação a essa variedade, responda às questões a seguir.
 - a) Uma das funções do tecido adiposo é a de reserva de energia. De que tipo de compostos orgânicos suas células são ricas?
 - b) Outra função desse tecido é contribuir para o equilíbrio térmico dos organismos. De que forma isso ocorre?
 - c) Comente sobre uma terceira função importante desempenhada por esse tecido.
3. (UFRRJ) Uma característica importante dos seres pluricelulares é a divisão de trabalho entre as células, que se reúnem e formam diversos tecidos, que desempenham funções bem específicas. Considerando essa afirmativa, identifique a que tecido pertencem os tipos de células relacionados a seguir, citando sua principal função.
 - a) Macrófagos.
 - b) Osteoclastos.
4. (Unicamp-SP) As hemácias ou glóbulos vermelhos têm vida média de apenas 120 dias no sangue circulante. Isso significa que essas células têm que ser constantemente produzidas.
 - a) Em que local do organismo ocorre a produção de hemácias?
 - b) Qual a principal substância presente nas hemácias? Que elemento da dieta é essencial para sua formação?
 - c) Aponte uma situação que estimula o aumento da produção de hemácias.

5. Os esquemas a seguir representam processos bioquímicos que acontecem nas hemácias de um animal, envolvendo hemoglobina (Hb), gás oxigênio e gás carbônico.



- a) Considerando que se trata de hemácias anucleadas, elas podem pertencer a qual animal?
 - b) Em que locais do corpo desse animal ocorrem as situações representadas em I e II?
6. Um atleta morador da cidade do Rio de Janeiro (nível do mar) irá escalar um pico na cordilheira dos Andes. Seu treinador sugeriu que ele viajasse semanas antes para a região. Além do esforço da própria escalada, os alpinistas enfrentam baixas temperaturas, ventos fortes e pouca disponibilidade de gás oxigênio. Em termos fisiológicos, explique a razão da sugestão dada pelo treinador.
 7. (Fuvest-SP) O monóxido de carbono (CO) é absorvido nos pulmões, reage com a hemoglobina do sangue e forma um complexo (COHb) 210 vezes mais estável do que a oxiemoglobina (O_2Hb). Qual o prejuízo imediato para as células decorrente da inalação de monóxido de carbono por uma pessoa? Explique.
 8. (Unicamp-SP) Uma das mais importantes propriedades do sangue é a capacidade de coagulação, que interrompe a hemorragia. Explique como ocorre o processo de coagulação, indicando as principais proteínas envolvidas.

Um aspecto da saúde das populações indígenas



Renato Soares/Pubar

Indígenas da etnia Waurá na Festa do Quarup, no Parque Indígena do Xingu (Gaúcha do Norte, MT, 2013).

Hoje, índio no país é sinônimo de preguiça, ócio e obesidade.

Declaração de um político brasileiro, relatada pelo jornalista Iuri Dantas.¹

Sobre a preconceituosa frase do deputado [...], esclareço que a epidemia de obesidade que atinge os índios brasileiros se deve ao genótipo ou à hereditariedade selecionada por eles durante milênios para acumular energia como populações coletoras e caçadoras. Essa hereditariedade se tornou prejudicial na época atual — de dieta industrial de alimentos de absorção rápida —, o que os levou facilmente à obesidade, ao diabetes e às doenças cardiovasculares. Influíram também a não seleção de genes protetores e a falta de projetos educacionais que os alertem sobre os riscos dessa alimentação. Ficam gordos facilmente pela hereditariedade, e não pelo ócio e pela preguiça. São vítimas das mudanças alimentares.

João Paulo Botelho Vieira Filho, médico e professor da Escola Paulista de Medicina.²

“Não identidade” indígena

As estimativas variam, mas calcula-se que antes de 1500 viviam no Brasil entre 5 milhões e 10 milhões de pessoas. A população indígena brasileira foi reduzida a cerca de 500 mil pessoas, mas ainda chama a atenção pela diversidade cultural. Atualmente, existem 180 etnias, que falam 250 línguas, e mais de 60 grupos ainda vivem em quase completo isolamento. Este é um aspecto que merece atenção: não existe “um índio” brasileiro. A imagem que trazemos — passada para muitos de nós desde os primeiros anos da vida escolar — reduz a pluralidade etnocultural indígena a um estereótipo, uma triste caricatura, um resumo malfeito de centenas de povos. Trata-se de uma “não identidade” indígena.

Em algumas regiões do Brasil (particularmente nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste), grupos de indígenas vivem nas franjas

urbanas em condições degradantes de habitação, excluídos do acesso a serviços de saúde e educação. Expulsos de seu território original pelo contínuo e secular processo de colonização, ocupam postos de trabalho de baixa qualificação e baixa renda, e tornam-se dependentes de programas assistencialistas, como a distribuição de cestas básicas. Alcoolismo e tabagismo são faces dessa tragédia, em um verdadeiro genocídio.

Graves problemas de saúde afetam populações indígenas, muitos dos quais associados ao contato com as populações não indígenas, à precarização das condições de vida, à perda da terra e do patrimônio histórico e linguístico e à fragilização das raízes culturais. Certos povos (por exemplo, os Guaranis-Kaiowás) convivem com taxas alarmantes de suicídio, principalmente entre os jovens.

Populações indígenas são duramente afetadas por distúrbios nutricionais — e de duas maneiras opostas. Enquanto em certos grupos é elevada a incidência de desnutrição (particularmente entre as crianças), em outros tornaram-se preocupantes o sobrepeso e a obesidade (que afetam, por exemplo, 50% das mulheres do grupo Terena, no Mato Grosso do Sul).

Lamentavelmente, a obesidade entre os indígenas acaba dando margem a análises equivocadas e carregadas de preconceito, como a frase citada no início do texto. Rançosa, a fala do político brasileiro recebeu resposta imediata do professor João Paulo B. Vieira Filho, esclarecendo as origens da obesidade entre os indígenas.

Para que se possa entender o quadro atual, é necessário conhecer um pouco mais as profundas raízes da obesidade na espécie humana. Não há dúvida de que ela constitui a grande epidemia do presente e uma das maiores epidemias da história. Pelas potenciais consequências, trata-se de um dos mais sérios problemas de saúde pública que a humanidade já enfrentou. Não por acaso, a Organização Mundial da Saúde (OMS) coloca a obesidade como o principal problema de saúde que os países desenvolvidos têm a enfrentar atualmente.

¹ DANTAS, I. PF diz que agente vendeu arma a cintas-largas. **Folha de S.Paulo**, 29 abr. 2004.

² VIEIRA FILHO, J. P. B. Índios. **Folha de S.Paulo**, 2 maio 2004. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniaofz20205200410.htm>>. Acesso em: abr. 2016.

A seleção natural

Entre as múltiplas causas da atual e avassaladora onda de excesso de peso, destacam-se uma longínqua e outra mais recente. Vejamos, inicialmente, a perspectiva do tempo evolutivo (de longo prazo). O *Homo sapiens* surgiu há aproximadamente 100 mil anos como espécie de indivíduos nômades, caçadores e coletores. Para esses indivíduos, “menos era mais”, e corpos leves e ágeis foram de grande valia na fuga de predadores e na caça.

Ao mesmo tempo, o escasso alimento, disponível com folga apenas em curtos períodos, selecionou positivamente os membros com maior capacidade de estocar. A pressão da seleção natural atuou no sentido de privilegiar indivíduos capazes de, em tempos de fartura, engordar o máximo que pudessem. A carência alimentar crônica forjou pessoas dispostas a buscar alimentos onde eles se encontrassem e a armazenar gordura em quantidade suficiente para atravessar os períodos — em geral, longos — de escassez.

Nomadismo x sedentarização

A revolução agrícola do período Neolítico começou a “virar o jogo”. Com a sedentarização e o abandono (ao menos parcial) do nomadismo, o consumo energético diminuiu. Ao mesmo tempo, a domesticação de espécies animais e a geração de excedentes pela agricultura fez com que a oferta de alimentos pudesse ser mais bem equacionada.

Já em tempos bem mais recentes, facilidades trazidas pela industrialização (eletricidade e refrigeração, por exemplo) permitiram que os excedentes fossem preservados por longos períodos. Hoje, basta uma investida na geladeira para que a fome seja saciada!

No entanto, o patrimônio genético humano não se livrou totalmente das marcas implantadas no genoma por milênios de fome e de agruras de toda sorte. Nosso material hereditário carrega majoritariamente genes aprovados pela seleção natural, que privilegiam a acumulação, e não o gasto excessivo de energia.

Entre sair da mesa ainda com a sensação de que “caberia mais” ou só interromper a refeição “prestes a explodir”, muitos de nós não hesitam. Entre levantar cedo para uma caminhada ou aproveitar uma hora a mais na cama, nem se diga! O que no passado foi uma vantagem adaptativa hoje é um “pesado” ônus.

As populações indígenas viveram — e muitas vivem hoje — em sistemas de produção vinculados à agricultura de subsistência, à caça, à pesca e à coleta de frutos, raízes e outros alimentos de origem vegetal; portanto, sob as mesmas pressões da seleção natural que moldaram os grupos humanos do Neolítico, alternando curtos períodos de fartura e longos períodos de escassez. Se essas pessoas se colocam em situação de relativa disponibilidade alimentar — associada a hábitos inadequados, importados de populações não indígenas — escancara-se o caminho para a obesidade. Nesse contexto, qualquer tentativa de associar obesidade, preguiça e ócio não passa de ignorância e preconceito.



Gerson Genhoff

Elevados investimentos em energia e insumos aumentam a produtividade agrícola. Colheitadeira despejando grãos de soja em carroceria de caminhão. Cacequi, RS, 2015.

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

Escreva
no caderno

Leia o texto a seguir para responder às questões:

[...] quanto mais nos aprofundamos no estudo dos mecanismos reguladores da fome e da saciedade, mais complexos e interligados eles demonstram ser. O que está absolutamente de acordo com a perspectiva evolucionista: uma função tão essencial à sobrevivência da espécie jamais teria sido deixada ao livre-arbítrio de cada um. O impulso da fome, tão irresistível quanto o da sede, é disparado em áreas cerebrais dificilmente reprimidas pela ação dos centros que coordenam o pensamento racional. As evidências fazem crer que a obesidade seja uma

cruz carregada por pessoas geneticamente predispostas, num ambiente que lhes proporciona acesso farto aos alimentos. A fartura é necessária — não havia prisioneiros obesos nos campos de concentração, como todos dizem —, mas não é suficiente. Os genes envolvidos no controle dos neurônios que interferem com o binômio fome-saciedade e com os comportamentos modulados por eles são decisivos. [...]

VARELLA, D. O gordo e o magro. **Folha de S. Paulo**, nov. 2005. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/ilustrad/fq1211200522.htm>>. Acesso em: jan. 2016.

1. Das sugestões a seguir, qual você escolheria como título mais adequado para o trecho escrito por Drauzio Varella? Reescreva no caderno trechos do texto que justifiquem sua escolha.
 - I. Só é gordo quem quer
 - II. Obesidade: uma praga hereditária
2. Explique por que, de acordo com o texto, foi evolutivamente vantajoso que os controles neurológicos da sede, da fome e da saciedade não permanecessem sob o domínio da razão.
3. Procure associar as informações contidas no texto escrito por Drauzio Varella e a incidência de obesidade em indígenas.

Imunidade

O corpo em alerta

**PROTEJA-SE.
USE SEMPRE
CAMISINHA.**

**A VIDA
É MELHOR
SEM AIDS**

Mais informações sobre saúde sexual dos adolescentes estão disponíveis em um artigo publicado na Revista Brasileira de Epidemiologia (<<http://tub.im/9o9vt5>>) e na Pesquisa Nacional de Saúde Escolar do IBGE (<<http://tub.im/yx4aeq>>). Acessos em: jan. 2016.

Cuidar, cuidar-se!

Embora o critério possa variar, considera-se a adolescência a fase compreendida entre 10 e 19 anos de idade (segundo a Organização Mundial da Saúde). Durante esse período, ocorrem diversas transformações físicas, emocionais e sociais. Para muitos garotos e garotas, é também a época do início das vivências sexuais.

Segundo o Ministério da Saúde, os adolescentes representam hoje quase 22% da população brasileira. Entre eles, nas últimas duas décadas (1990 a 2010), ocorreu um aumento no número de casos de doenças sexualmente transmissíveis (DSTs), inclusive de aids. Isso aconteceu apesar das amplas campanhas de esclarecimento e de divulgação dos métodos de prevenção (principalmente de estímulo ao uso da camisinha).

Não há dúvidas de que a utilização da camisinha é eficaz na prevenção da gestação, da aids e de outras DSTs. O assunto é bastante abordado pelas famílias, pelas escolas e educadores e pela mídia; entretanto, a prática ainda não é adotada por muitos adolescentes. Portanto, não é apenas pela falta de informação. Parece haver uma perigosa dissonância entre o conhecimento (“É importante usar o preservativo!”) e a ação (“Eu sempre uso o preservativo!”).

Nesse contexto, um dos agentes infecciosos que preocupam é o HBV, vírus que causa a hepatite B e pode trazer sérias complicações, como a cirrose e o câncer de fígado.

Outro agente infeccioso temido é o HPV (vírus do papiloma humano), que infecta entre 10% e 15% da população mundial. O HPV é o principal responsável pelo câncer de colo uterino, que entre as mulheres brasileiras é o terceiro tumor maligno mais frequente e a quarta principal causa de morte. Existe vacina disponível contra o HPV, que reduz em 90% o risco de infecção. Como geralmente a infecção acontece logo no início da vida sexualmente ativa, as adolescentes devem ser o principal alvo das campanhas de vacinação.

O HIV (o vírus da aids) atinge mais de 33 milhões de pessoas no mundo. A África Subsaariana é a região mais afetada, com 70% das novas infecções. O surgimento de novos casos não é homogêneo nem mesmo dentro de um país. No Brasil, por exemplo, há uma tendência de redução da incidência dos casos de HIV/aids nas regiões Sul e Sudeste, e de aumento no Nordeste.

O perfil da transmissão também está mudando. Na Europa Oriental e na Ásia Central, por exemplo, onde a transmissão mais frequente ocorria entre usuários de drogas injetáveis, a via mais comum atualmente são as relações

sexuais. Essas alterações reforçam a necessidade de revisão permanente das estratégias de prevenção, no sentido de direcionar as ações adotadas pelos órgãos de saúde e priorizar regiões e/ou grupos mais afetados.

Passaram-se aproximadamente 35 anos desde a descrição dos primeiros casos de aids (no início da década de 1980). Durante esse período, mudanças significativas ocorreram nos meios científicos, e muitos avanços foram alcançados, principalmente na produção dos medicamentos anti-HIV, que compõem o coquetel de tratamento. Os coquetéis conseguem manter os indivíduos infectados por longos períodos sem manifestações da doença, garantindo maior sobrevida aos portadores do HIV. Como reduzem a carga viral, reduzem o risco de transmissão. Com isso, nos últimos anos a epidemia passou a ser vista como controlada e não mais como letal.

O HIV tem um equipamento enzimático complexo, e suas enzimas são o alvo de alguns dos antirretrovirais (como o AZT). Quando foi lançado, o coquetel de antirretrovirais era um pacote “duro de engolir”, que incluía de 15 a 20 comprimidos por dia. Com o desenvolvimento de novas drogas e a adequação das já existentes, hoje utilizam-se poucos comprimidos por dia (habitualmente, apenas dois). Somente essa modificação foi suficiente para elevar bastante a adesão das pessoas infectadas ao tratamento; isto é, aumentou o número de pacientes que utilizam adequadamente os medicamentos, o que ajuda a evitar a transmissão e a seleção de linhagens resistentes.

Outra área de destaque é a da busca por vacinas eficazes contra o HIV, talvez a principal arma contra a aids. Entretanto, o sucesso na obtenção de vacinas não tem acompanhado o sucesso no desenvolvimento das drogas antirretrovirais.

O combate e a prevenção da aids avançaram em vários aspectos, principalmente porque a população tornou-se mais bem informada. Ainda atua negativamente a recusa do uso da camisinha por uma parcela da população.

Com a ideia difundida de que a aids está sob controle, há certa reação popular no sentido do “já ganhou”, expressão comum no futebol, usada quando uma equipe que se julga superior à equipe oponente entra em campo “de salto alto” e acaba perdendo a partida.

Acreditar nessa ideia quando o assunto é saúde pública — principalmente no caso da aids — é um descuido imperdoável. Contra o HIV, não podemos baixar a guarda, porque a prevenção ainda é o melhor remédio.

Mecanismos de defesa

Alguns dias depois de iniciada, uma gripe ou outra infecção de pouca gravidade, normalmente, torna-se um fato esquecido, devido ao **sistema imune** (ou sistema imunológico), capaz de combater e destruir os agentes infecciosos com grande eficiência.

Os agentes infecciosos são chamados patógenos (do grego *pathos*, doença, e *genos*, origem).

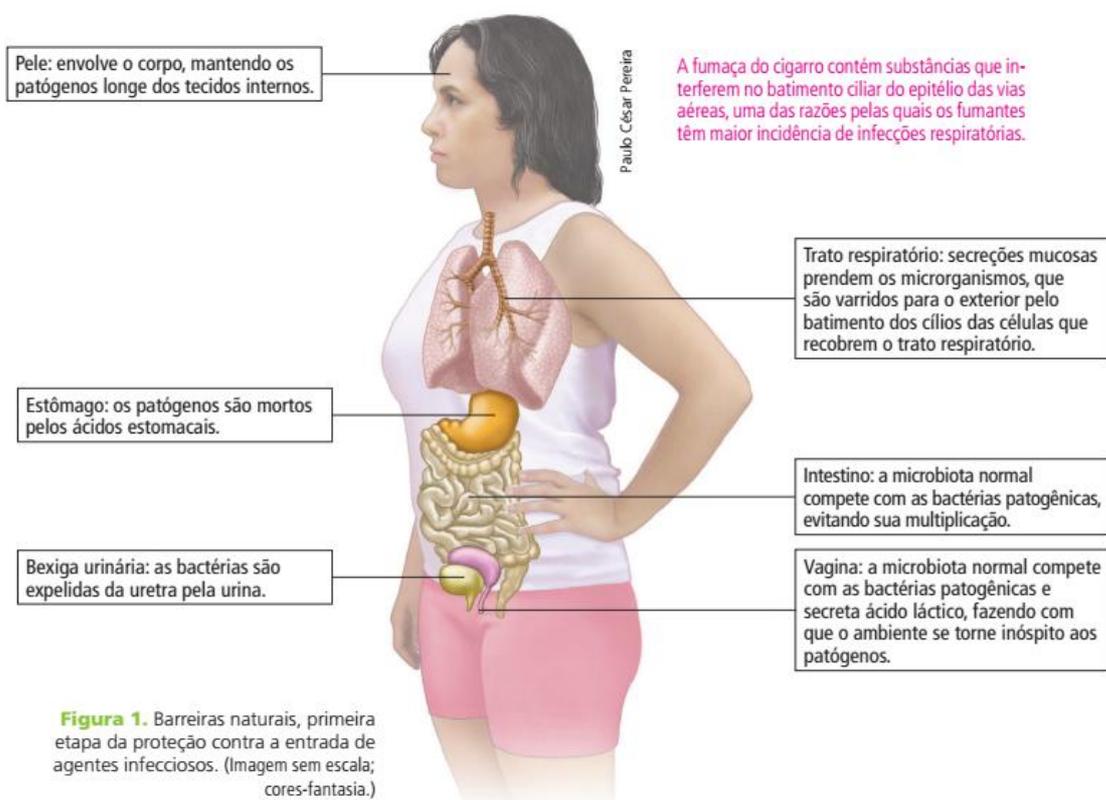
A pele humana é uma barreira eficaz, espessa, relativamente seca e coberta por uma camada de células mortas queratinizadas. É ácida (seu pH oscila entre 4 e 5) e lubrificada por secreções com ação antimicrobiana, como a secreção sebácea e o suor.

São pouco comuns os agentes infecciosos — como o esquistossomo (causador da esquistossomose) e o ancilóstomo (causador

do amarelão) — que têm penetração ativa, ou seja, são capazes de penetrar através da pele íntegra. No entanto, ferimentos na pele podem ser a porta de entrada para agentes infecciosos, entre os quais as bactérias causadoras do tétano (*Clostridium tetani*) e da leptospirose (*Leptospira interrogans*).

Uma das mais temíveis complicações das queimaduras extensas são as infecções, que se instalam em razão do rompimento da barreira protetora representada pela pele. Grandes ferimentos lacerantes — por exemplo, as mordidas de cães — também podem inocular microrganismos, como o vírus causador da raiva.

Embora seja uma barreira eficaz, a pele não recobre toda a superfície corporal. Há regiões recobertas por epitélios mais delgados e delicados; por exemplo, as superfícies corporais especializadas em trocas gasosas (os alvéolos pulmonares) e na absorção de nutrientes (a mucosa intestinal) (**figura 1**).



No interior de nossas casas, há cerca de mil microrganismos por metro cúbico (m^3) de ar. Considerando que um adulto normal respira diariamente de $8 m^3$ a $10 m^3$ de ar, a incidência de pneumonias e de outras infecções respiratórias só não é maior por causa do revestimento das vias aéreas e do sistema imune. Impulsionado pelo batimento de **cílios** celulares microscópicos, o contínuo movimento do muco em direção à faringe remove partículas sólidas inaladas. O muco tem compostos bactericidas (por exemplo, dois tipos especiais de proteínas: os anticorpos e a lisozima) encontrados também em outras secreções do corpo, como a saliva e a lágrima. Ainda que consigam alcançar os pulmões, os microrganismos irão deparar-se com outra linha de defesa orgânica: os **macrófagos** e outras células capazes de fagocitar e destruir microrganismos.

Agentes infecciosos não estão apenas no ar. Eles também existem em grande quantidade nos alimentos, principalmente naqueles ingeridos crus ou preparados sem cuidados de higiene. O tubo digestório é coberto internamente por secreções com

propriedades antimicrobianas; além disso, conta com os movimentos peristálticos, que estabelecem um fluxo unidirecional do bolo alimentar, dificultando a permanência de agentes estranhos.

Orifícios naturais — como olhos, boca, narinas, vagina e ânus — têm características próprias de acidez e salinidade que permitem o desenvolvimento de uma **microbiota normal** (ou flora microbiana normal) bastante específica. Em toda a superfície do corpo e nos orifícios naturais, vivem as bactérias dessa microbiota, importantes na prevenção de doenças. Essas bactérias competem com os agentes patogênicos, dificultando o estabelecimento destes. Por isso, fatores que interferem na microbiota normal (como o uso indiscriminado de antibióticos) podem facilitar o desenvolvimento de uma microbiota patogênica.

A associação entre o hospedeiro e a microbiota é bastante específica. Um agente patogênico para os seres humanos pode fazer parte da microbiota normal de outro animal.

▶ Resposta inflamatória

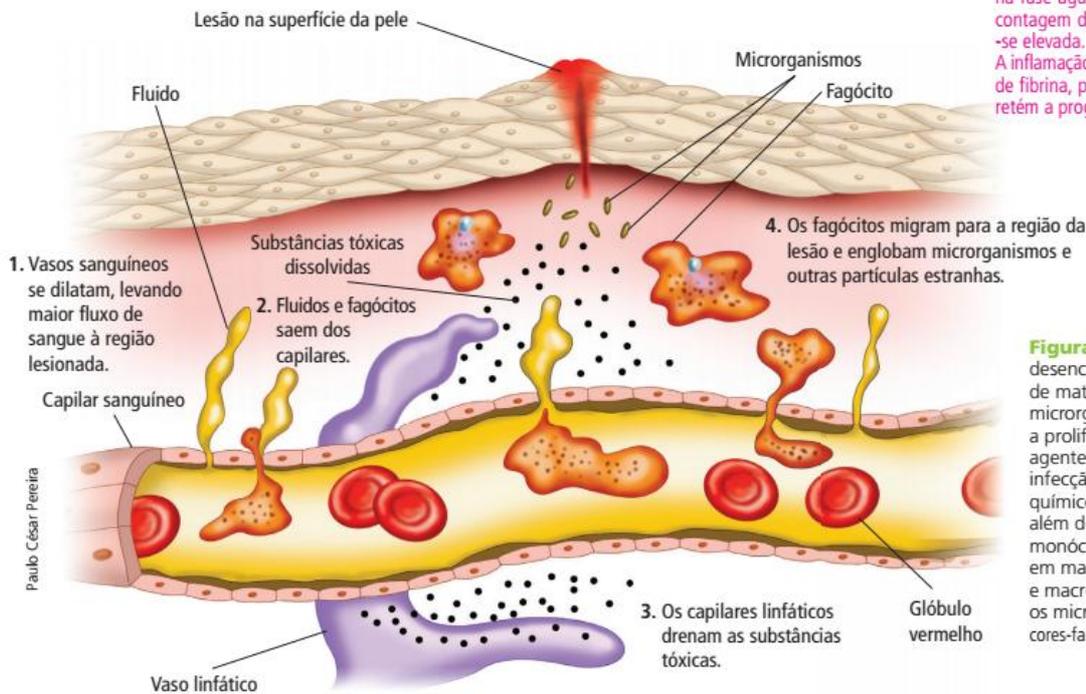
Se as primeiras barreiras de proteção do corpo forem vencidas pelos agentes infecciosos, o combate entra em outra fase.

Nos tecidos internos, alguns tipos de células liberam substâncias vasoativas, que dilatam as arteríolas e provocam um aumento da permeabilidade, tanto de arteríolas como de capilares sanguíneos. A consequência é o extravasamento de plasma sanguíneo, causando aumento da temperatura, vermelhidão e edema (ou inchaço), características da **inflamação** (figura 2).

Um processo inflamatório também pode ser provocado por agentes físicos (como ocorre nas queimaduras solares) ou químicos (por exemplo, sumo de limão espirrado nos olhos).

Essas substâncias vasoativas também atraem mais células de defesa, principalmente os **leucócitos**, para a área afetada. O movimento de leucócitos para fora dos vasos sanguíneos, através da parede dos capilares, chama-se **diapedese**.

O combate entre leucócitos e bactérias geralmente resulta na morte de ambos, formando-se o pus, que contém, ainda, restos de tecidos lesados.



Sobre os leucócitos, veja com os alunos o vídeo (em inglês) disponível em <<http://tub.im/v6dx29>>. Acesso em: jan. 2016.

Substâncias liberadas no local da infecção chegam pelos vasos sanguíneos à medula óssea e estimulam a liberação de neutrófilos. Por isso, na fase aguda de uma infecção, geralmente a contagem de neutrófilos no sangue encontra-se elevada. A inflamação também acarreta a deposição local de fibrina, proteína que forma um envoltório e retém a progressão da infecção.

Figura 2. A reação inflamatória é desencadeada no local de entrada de materiais estranhos, como microorganismos patogênicos, e previne a proliferação e a disseminação dos agentes infecciosos. No local da infecção, são liberados mensageiros químicos que provocam vasodilatação, além de atrair neutrófilos e monócitos, os quais se transformam em macrófagos no local. Neutrófilos e macrófagos fagocitam e destroem os microorganismos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Em consequência da inflamação, ocorre o aumento da quantidade de líquido no espaço intercelular. Esse fluido intersticial (componente da linfa) é drenado pelos vasos linfáticos e chega aos **linfonodos** (ou nódulos linfáticos) da região (figura 3), onde é filtrado.

A proliferação de células de defesa e a inflamação provocada pela presença de bactérias e de outros corpos estranhos aumentam o tamanho dos linfonodos. Um ferimento infectado no pé, por exemplo, pode causar aumento dos linfonodos da região inguinal (virilha).

Os linfonodos inflamados tornam-se aumentados e dolorosos, o que é comumente conhecido por **íngua**.

Os linfonodos eram denominados gânglios linfáticos.

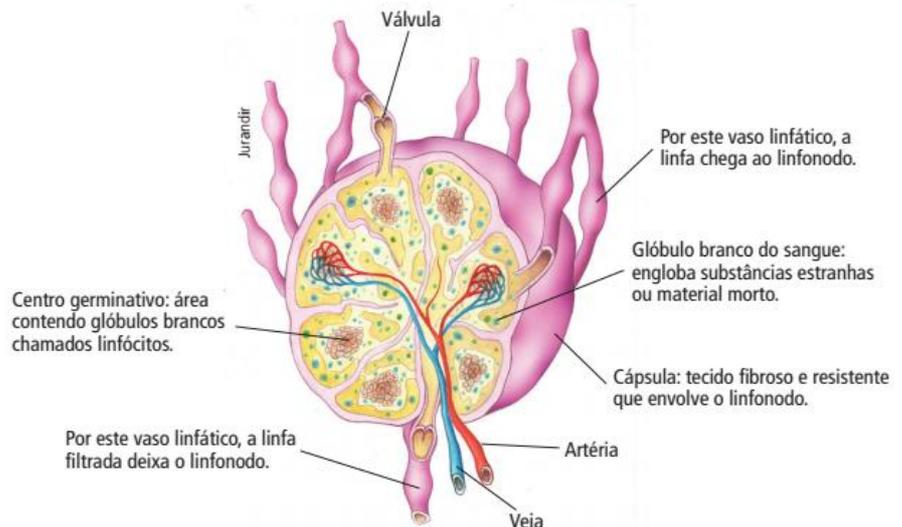


Figura 3. Os linfonodos têm uma cápsula fibrosa e o interior rico em células de defesa. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ Resposta imunológica

Se a inflamação também não for suficiente para conter a infecção, a defesa orgânica passa a depender de outras etapas da **resposta imunológica**, que abrangem mecanismos mais complexos.

A resposta imunológica, um dos mais importantes mecanismos adaptativos, permite a sobrevivência de animais em ambientes potencialmente agressivos. A capacidade de reconhecer o que não é próprio ao corpo e de desencadear uma resposta ao invasor é observada mesmo em animais de organização corporal mais simples, como os poríferos. Todavia, são os vertebrados que contam com mecanismos mais elaborados e eficientes.

Nos diversos órgãos de defesa (como o baço, os linfonodos e as tonsilas faríngeas), existem células (geralmente macrófagos) que reconhecem substâncias estranhas ao corpo e agem como apresentadoras de **antígenos** (substâncias estranhas ao organismo, que em geral têm natureza proteica). Essas células estimulam os linfócitos T auxiliares a liberar compostos (citocinas) que estimulam outros linfócitos T, os linfócitos B e outras células de defesa.

A partir dessa fase, a resposta contra a infecção ocorre em duas frentes: a **imunidade celular** (dependente de células) e a **imunidade humoral** (dependente de anticorpos).

- **Imunidade celular.** Anticorpos são mais ativos contra patógenos extracelulares, como a maioria das bactérias. Como os vírus são parasitas intracelulares, a ação dos anticorpos é menos eficaz. Nesse caso, a estratégia de defesa é atacar não os próprios vírus, mas as células parasitadas. As interleucinas estimulam alguns tipos especiais de linfócitos T, que adquirem **ação citotóxica** e destroem as células infectadas. Essa estratégia também é empregada pelo sistema imunológico para destruir células cancerosas.
- **Imunidade humoral.** Quando linfócitos B são estimulados, eles se multiplicam e se transformam em **plasmócitos**, células produtoras de anticorpos (ou **imunoglobulinas**), proteínas que se ligam especificamente a determinados antígenos. A ligação antígeno-anticorpo tem elevada especificidade, ou seja, cada anticorpo liga-se a um antígeno, de maneira que a resposta humoral desencadeada contra um antígeno não é eficaz contra outro. Os anticorpos que atacam o vírus da caxumba, por exemplo, não atacam o vírus do sarampo.

Certas infecções (como a rubéola, a varicela e o sarampo) estimulam o desenvolvimento de **memória imunológica**. Por isso, em uma segunda exposição a determinado antígeno, os anticorpos são produzidos mais rápida e intensamente que na primeira (**figura 4**).

Nas aves, os linfócitos B sofrem maturação na bolsa de Fabricius. Nos mamíferos, que não têm esse órgão, essa maturação ocorre na medula óssea. Já os linfócitos T sofrem maturação no timo.

A especificidade das imunoglobulinas compara-se à das enzimas, que atuam em um mecanismo do tipo chave-fechadura.

Plasmócitos são células ovoides, com retículo endoplasmático granuloso e complexo golgiense desenvolvidos, núcleo aproximadamente esférico e nucléolo grande, características que sugerem intensa síntese de proteínas (no caso, as imunoglobulinas).

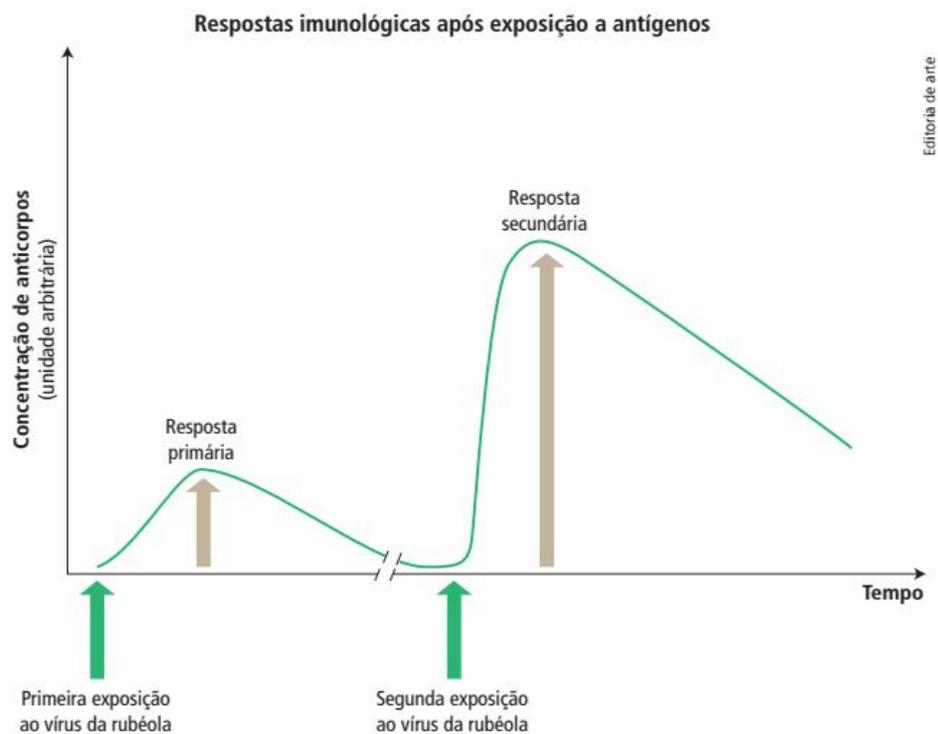


Figura 4. Após o primeiro contato com o vírus da rubéola, o organismo de uma pessoa demora algumas semanas para produzir anticorpos em níveis neutralizadores (**resposta primária**) e pode desenvolver a doença. Em um segundo contato, a maioria dos linfócitos B não é afetada; porém, aqueles linfócitos B que possuem receptores capazes de reconhecer antígenos do vírus da rubéola multiplicam-se rapidamente e convertem-se em plasmócitos. A produção de anticorpos é mais rápida e intensa (**resposta secundária**), inativando o vírus antes que cause a doença.

Tipos de imunidade

Imunizar significa tornar protegido. Uma pessoa pode se tornar imune a doenças de diversas formas.

Imunidade passiva

Quando um organismo se torna protegido recebendo anticorpos contra um patógeno ou uma toxina, ocorre **imunidade passiva**. A ação desses anticorpos começa logo que entram no organismo receptor; entretanto, eles desaparecem após algumas semanas ou meses.

A aquisição de anticorpos por via transplacentária e pelo leite materno são exemplos de **imunidade passiva natural**.

Através da placenta, anticorpos são transferidos para o feto, que nasce protegido contra numerosas doenças infecciosas, como a rubéola, o sarampo e a caxumba. Durante os primeiros meses de vida, a concentração de anticorpos recebidos da mãe diminui progressivamente, até que eles desaparecem, quando as crianças, então se tornam suscetíveis a essas doenças.

O leite materno é outro agente protetor, pois contém anticorpos, células fagocitárias vivas e outros fatores antimicrobianos. Os anticorpos recebidos pelo leite materno revestem o tubo digestório da criança e dificultam a proliferação de bactérias patogênicas.

Nos primeiros dias após o parto, as mulheres produzem o colostro, secreção que parece “aguada” porque tem menos gorduras, mas é rica em anticorpos. Certas mulheres pensam que o colostro

é um “leite fraco”, o que pode levar à indevida substituição por leite de vaca, privando a criança de seu alimento mais precioso: o leite materno.

Certas doenças são tão devastadoras que podem matar antes que a pessoa comece a produzir anticorpos em quantidade suficiente para inativar o agente causador. Para alguns desses casos, existem formas artificiais de fornecer anticorpos.

Os anticorpos podem ser obtidos de plasma humano, que contém anticorpos contra várias doenças. Se a imunoglobulina for obtida de pessoas que foram vacinadas ou que estão convalescendo de determinada doença, é chamada imunoglobulina hiperimune. A imunoglobulina antitetânica, por exemplo, é obtida dessa forma e pode inativar rapidamente a toxina tetânica, antes que ela lese o sistema nervoso.

O soro contra peçonhas de serpentes e de outros animais, como aranhas e escorpiões, é obtido geralmente do sangue de cavalos previamente inoculados com elas (**figura 5**). Como a ligação antígeno-anticorpo é específica, existem soros próprios para neutralizar cada tipo de peçonha. O soro anticrotálico, o antibotrópico e o antielapídico, por exemplo, são empregados contra peçonhas de cascavel, de jararaca e de cobra-coral-verdadeira, respectivamente. O soro antiofídico polivalente é uma mistura de soros anticrotálico e antibotrópico; por isso, é ineficaz contra a peçonha da cobra-coral-verdadeira, combatida com o soro antielapídico (também chamado antimicrurus).



Figura 5. A peçonha de certa espécie de serpente é inoculada em um cavalo, cujo sangue é posteriormente extraído, separando-se o soro rico em anticorpos, que podem inativar rapidamente a peçonha. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A imunoglobulina antitetânica extraída de sangue humano é uma imunoglobulina homóloga, enquanto o soro antiofídico, o antiescorpiônico, o antidiftérico (contra difteria) e o antirrábico (contra raiva), obtidos de sangue de outros animais, são imunoglobulinas heterólogas. Sempre que possível, o uso de imunoglobulina homóloga deve ter preferência sobre o uso de imunoglobulina heteróloga, afinal, esse segundo tipo corresponde a anticorpos produzidos por outros animais (geralmente cavalos). Ao receber soro, uma pessoa

pode desenvolver anticorpos antissoro e apresentar reações alérgicas graves, como o choque anafilático.

O emprego das imunoglobulinas homólogas ou heterólogas confere **imunidade passiva artificial**. Como contém anticorpos e sua ação é imediata, os soros são usados tanto na prevenção como no tratamento de doenças. Todavia, seu efeito é transitório, pois os anticorpos recebidos desaparecem da circulação dentro de semanas ou meses.

Imunidade ativa

Quando um organismo produz anticorpos, ocorre **imunidade ativa**. Na primeira exposição a um antígeno, níveis elevados de anticorpos demoram a ser alcançados, mas a imunidade resultante pode ser permanente, porque surgem células de memória. Como já vimos, no primeiro contato com o vírus causador da rubéola, por exemplo, o organismo de uma pessoa o reconhece como partícula estranha, produz anticorpos e adquire células de memória (linfócitos); no próximo contato, desencadeia contra ele rápida e intensa produção de anticorpos, impedindo a manifestação da doença. Esse é um exemplo de **imunidade ativa natural**.

O uso de antígenos modificados, mortos ou atenuados — incapazes de causar doenças, mas que estimulam a produção de anticorpos e a aquisição das células de memória — confere **imunidade ativa artificial**, obtida com o uso das **vacinas**.

As vacinas podem ser constituídas por:

- Agentes causadores da doença previamente **mortos** ou **inativados** por meios físicos ou químicos. Um dos tipos de vacina contra a coqueluche é um exemplo, pois contém a bactéria *Bordetella pertussis* morta. A vacina Salk, usada na prevenção da poliomielite, contém o poliovírus inativado.
- Agentes vivos **atenuados**, que, pelo emprego de técnicas especiais, perdem a patogenicidade, ou seja, a capacidade de provocar a doença, mas não perdem a antigenicidade, isto é, a capacidade de estimular a produção de anticorpos e a aquisição de células de memória. São exemplos as vacinas contra o sarampo, a caxumba e a rubéola, a vacina Sabin (contra a poliomielite) e a vacina BCG (contra a tuberculose).
- **Toxinas inativadas** por meios físicos ou químicos. Existem doenças em que as principais lesões são causadas pelas toxinas de microrganismos. Nesses casos, estimula-se a produção de anticorpos neutralizadores das toxinas. As vacinas antitetânica e antidiftérica são toxinas inativadas (chamadas **toxoides**).
- **Fragmentos** de agentes infecciosos, como os do vírus causador da hepatite B. A vacina contra essa doença pode ser produzida a partir de partículas virais obtidas do plasma de portadores crônicos do vírus ou por técnicas de engenharia genética, em que fragmentos do material genético do vírus são implantados em fungos, que passam a produzir antígenos virais.
- **Vacinas de DNA ou de RNA** consistem de fragmentos do material genético de determinado agente infeccioso. O animal vacinado incorpora esse material genético ao DNA das próprias células e passa a produzir um antígeno característico daquele patógeno, induzindo a resposta imune humoral (mediada por anticorpos) e a resposta imune celular (mediada por células citotóxicas), que identificam e destroem as células invadidas pelo agente infeccioso, além de estimularem a aquisição de memória imunológica.

A produção de anticorpos desencadeada pelas vacinas segue os mesmos passos de um primeiro contato com o antígeno: a resposta é relativamente lenta e, por isso, as vacinas não são geralmente adequadas ao tratamento de doenças. Entretanto, como induzem ao aparecimento de células de memória e deixam imunidade duradoura, representam importante medida de **prevenção** contra infecções.

Os soros têm ação imediata e fugaz; as vacinas têm ação demorada, mas persistente.

Ainda hoje, o desenvolvimento de vacinas contra certas doenças é um desafio. Não há vacina permanentemente eficaz contra todas as variedades de gripe, por causa da alta taxa de mutações dos vírus. Os anticorpos que atacam um vírus não atuam sobre o mutante. Até o momento, não se conseguiu determinar uma fração dos vírus que seja estável e comum a todos eles.

Outro obstáculo para o desenvolvimento de vacina contra alguns agentes infecciosos é a existência de antígenos capazes de desencadear a produção de anticorpos, mas incapazes de induzir o aparecimento de uma população duradoura de células de memória. Em outras palavras, seus antígenos são pouco imunogênicos. Essa é a dificuldade enfrentada na produção de vacinas contra o meningococo do tipo B, uma das bactérias causadoras de meningite bacteriana.

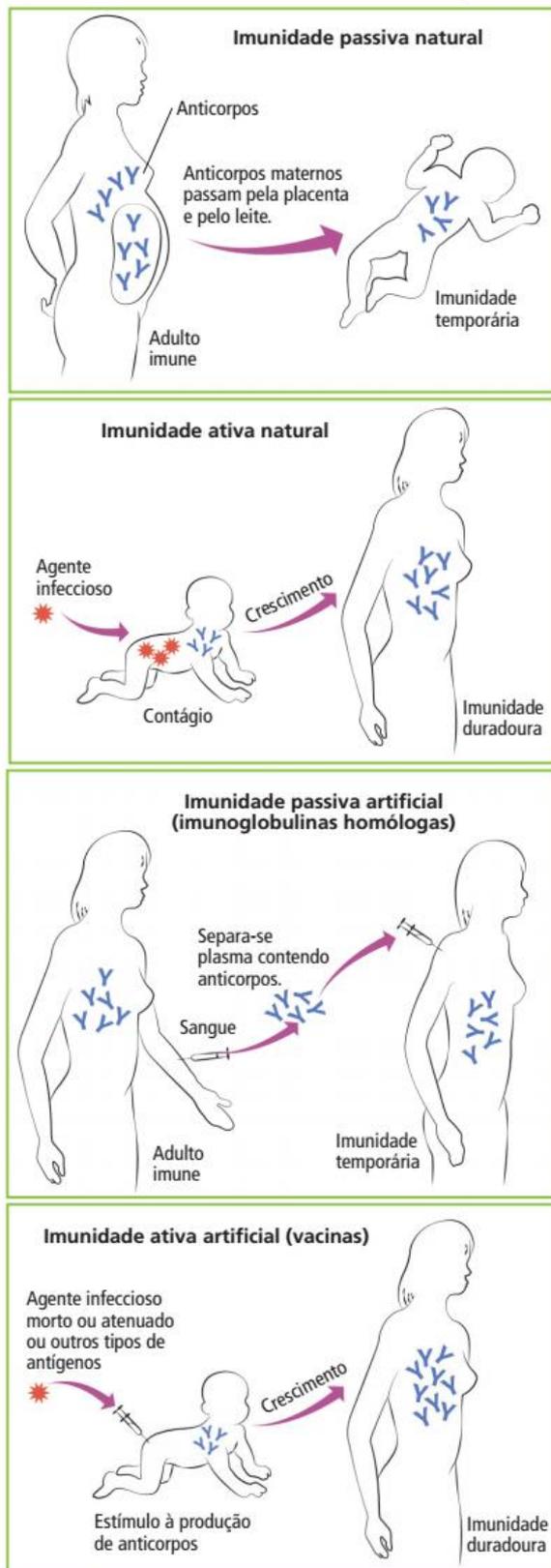


Figura 6. Tipos de imunidade. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Empresas procuram vacina para febre amarela com menos efeitos adversos

Resultado de testes clínicos renova esperança de um produto mais seguro que não utilize formas atenuadas do vírus; alternativa permitiria vacinações em massa para afastar fantasma de epidemia urbana da doença e ajudaria a suprir demanda reprimida

[...] Empresas de vários países buscam uma alternativa mais segura para a vacina criada em 1936.

Desde então, o imunizante é produzido com uma cepa de vírus atenuados cultivada em embriões de galinha. Apresenta alta eficácia, mas possui um grave inconveniente: em pouquíssimos casos — dois ou três em centenas de milhares —, o vírus pode se tornar selvagem. A pessoa desenvolve, então, uma forma agressiva da doença que, em cerca de 60% dos pacientes, leva à morte.

[...]

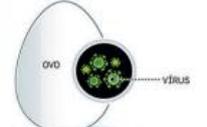
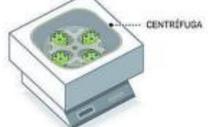
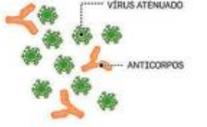
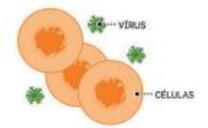
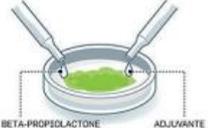
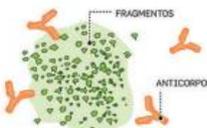
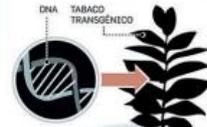
Para entender

A febre amarela é uma doença infecciosa febril aguda que dura, no máximo, dez dias. Contudo, pode matar. A transmissão ocorre pela picada de mosquitos infectados. Não há transmissão direta de humano para humano. O tipo alternativo da febre amarela é transmitido pela fêmea dos mosquitos dos gêneros *Haemagogus* e *Sabethes*. O tipo urbano é transmitido pelo *Aedes aegypti*, o mesmo vetor da dengue. A vacina é gratuita e está disponível nos postos de saúde. É administrada em dose única a partir dos

9 meses e vale por 10 anos. Não precisa ser tomada por quem não vai viajar ou não mora em áreas de risco. Os principais sintomas da doença são febre, dor de cabeça e no corpo, náuseas, icterícia e hemorragias. O tratamento apenas controla os sintomas da doença.

GONÇALVES, A. Empresas procuram vacina para febre amarela com menos efeitos adversos. **O Estado de S. Paulo**, 30 jun. 2011. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,empresas-procuram-vacina-para-febre-amarela-com-menos-efeitos-adversos-imp-,738756>>. Acesso em: mar. 2016.

ENTENDA AS DIFERENÇAS

<p>MÉTODO CONVENCIONAL</p>	 <p>1 Vírus atenuados da cepa 17DD são injetados em ovos fecundados de galinha, onde se multiplicam</p>	 <p>2 Os cientistas utilizam centrifugação para separar os vírus das substâncias que compõem os ovos</p>	 <p>3 Os vírus são misturados a uma solução fisiológica e a adjuvantes que melhoram a resposta imunológica</p>	 <p>4 Ao ser injetada, a vacina estimula a produção de anticorpos contra os vírus atenuados da cepa 17DD</p>	<p>Vantagens</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Técnica estabelecida ● É usada desde 1936 ● Reação imune duradoura <p>Desvantagens</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1 em 200 mil pessoas desenvolve uma forma agressiva de febre amarela ● 1 em 100 mil pessoas desenvolve uma neuropatia grave ● 1 em 50 mil pessoas tem choque anafilático
<p>NOVO MÉTODO ESTRANGEIRO</p>	 <p>1 Vírus atenuados da cepa 17DD são cultivados em células vero, obtidas dos rins de macacos africanos</p>	 <p>2 Os vírus são separados do meio de cultura por meio de filtragem e outros processos físico-químicos</p>	 <p>3 Depois são inativados com o uso de beta-propiolactone. Adicionam-se adjuvantes, para aumentar a eficácia da vacina</p>	 <p>4 Os fragmentos de vírus são reconhecidos pelo sistema imunológico que produz anticorpos contra o invasor</p>	<p>Vantagens</p> <ul style="list-style-type: none"> ● A técnica não deverá produzir efeitos adversos graves <p>Desvantagens</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Até agora, são necessárias duas doses da vacina e não uma ● Por enquanto, a produção de anticorpos e o tempo de proteção são menores que os da vacina tradicional
<p>FUTURO MÉTODO BRASILEIRO</p>	 <p>1 Cientistas inserem no tabaco um gene que produz proteínas da cápsula do vírus</p>	 <p>2 Depois, utilizam processos químicos para extrair a proteína produzida nas folhas do tabaco</p>	 <p>3 A proteína pode então ser misturada a substâncias conhecidas como adjuvantes, que aumentam a eficácia</p>	 <p>4 A proteína do vírus é reconhecida pelo sistema imunológico que produz anticorpos contra o invasor</p>	<p>Vantagens</p> <ul style="list-style-type: none"> ● A técnica não deverá produzir efeitos adversos graves <p>Desvantagens</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ainda desconhecidas, pois só foram realizados testes em animais

(Imagens sem escala; cores-fantasia.)

INFOGRÁFICO: MARCOS MULLER/ABE

Atividades

Escreva no caderno

1. Diferentemente do que pode ocorrer, embora em casos raros, com o uso da vacina produzida pelo método convencional, espere-se que as vacinas produzidas pelos outros dois métodos não provoquem efeitos adversos graves. Qual é a principal explicação para essa expectativa favorável?
2. Depois de pesquisar a respeito, cite vacinas atualmente em uso e cujos processos de produção se assemelhem a cada um dos três métodos citados.

Alergias

Em algumas pessoas, o sistema imune atua como “vilão”, em vez de “patrulheiro”, e passa a produzir anticorpos contra antígenos potencialmente inofensivos, como alguns alimentos e o pólen de algumas plantas, desencadeando manifestações como a urticária e a asma brônquica. Os antígenos que desencadeiam reações alérgicas são chamados **alérgenos**. Os mais importantes alérgenos podem estar no interior de nossas casas: são alguns alimentos (como o leite, o amendoim e os peixes), os fungos e os ácaros no pó doméstico.

Essas reações são deflagradas pelos **mastócitos**, células do tecido conjuntivo grandes, globosas e com o citoplasma cheio de grânulos que contêm heparina e histamina. A heparina tem ação anticoagulante; a histamina provoca reações alérgicas, como a urticária.

Havendo predisposição hereditária, anticorpos de uma classe especial, chamada IgE, fixam-se na membrana dos mastócitos. Caso esses anticorpos entrem em contato com antígenos desencadeantes específicos — os alérgenos —, os grânulos dos mastócitos se rompem na superfície da célula, liberando seu conteúdo para o meio extracelular (**figura 7**).

Uma forma grave de reação alérgica é o **choque anafilático**, desencadeado por alérgenos ingeridos (como o leite de vaca) ou inoculados (penicilinas, peçonhas etc.). As manifestações geralmente não são dependentes da quantidade de alérgeno. Em algumas pessoas, uma única ferroadada de abelha pode provocar o choque, que acontece por liberação maciça de histamina, causando vasodilatação generalizada e queda da pressão arterial, que pode levar à morte em poucos minutos. Frequentemente, ocorre edema da laringe, que dificulta a passagem do ar e causa asfixia.

O tratamento inclui medicamentos antialérgicos, que evitam a liberação de histamina pelos mastócitos ou bloqueiam as ações dessa substância. No entanto, a prevenção do choque anafilático é mais eficaz que o tratamento. Pessoas predispostas devem evitar a exposição aos alérgenos.

Sensibilização (primeira exposição ao alérgeno)

Exposições posteriores ao alérgeno

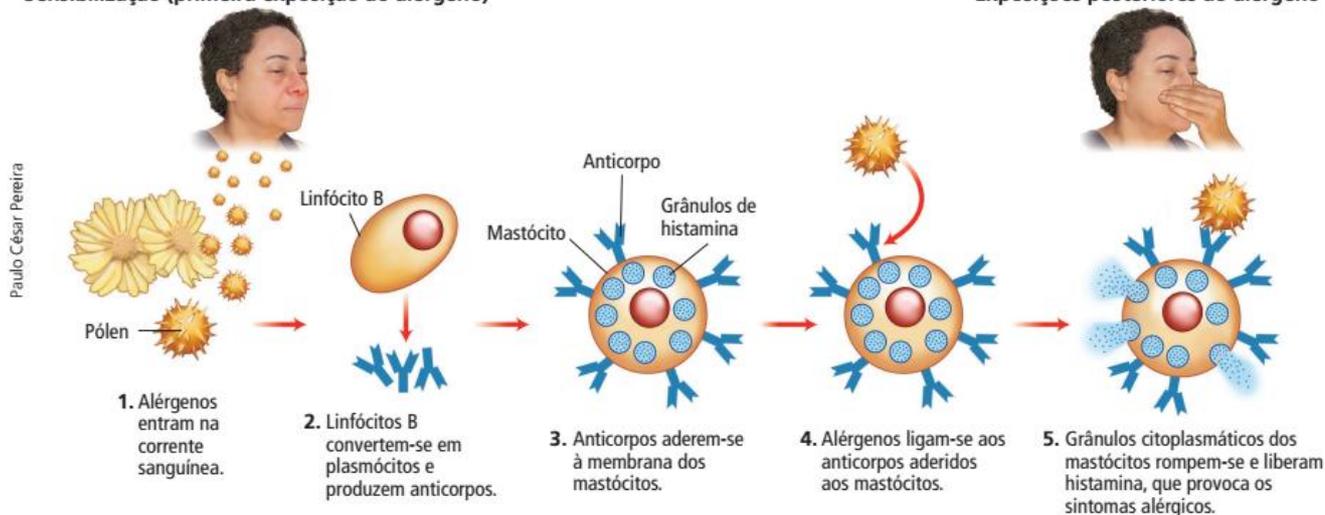


Figura 7. Ocorrendo ruptura dos grânulos dos mastócitos, são liberadas histamina e outras substâncias ativas sobre a musculatura da parede das arteríolas (provocando vasodilatação) e da parede dos brônquios (causando constrição bronquiolar), as quais provocam as manifestações da alergia: na rinite alérgica, a coceira e a obstrução nasal, os espirros e a coriza; na urticária, a vermelhidão da pele, o prurido e o inchaço; na asma brônquica, a tosse e a dificuldade para respirar. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Não se conhecem os mecanismos exatos da hipersensibilidade. Não se sabe, por exemplo, a razão de alguns antígenos desencadearem a resposta alérgica apenas depois de anos de exposição, e não após os primeiros contatos.

Imunidade e transplantes

A partir da década de 1960, os **transplantes** assumiram papel importante no tratamento de algumas doenças, particularmente de rins, coração, fígado e pulmões. Entretanto, o sistema imunológico sempre constituiu um obstáculo à realização desse procedimento. O órgão transplantado é reconhecido como estranho pelo receptor e induz a produção de anticorpos, que provocam **rejeição**.

A solução, ao menos parcial, é a escolha criteriosa dos doadores, para diminuir o risco de incompatibilidade. Por isso, quando o órgão é retirado de doador vivo — como em transplantes de rim ou de medula óssea —, dá-se preferência a pessoas da mesma família, pela semelhança genética e, conseqüentemente, pelas proteínas presentes nos tecidos. Lembre-se de que identidade genética só existe entre gêmeos idênticos, que se originam de um único zigoto, e entre eles não há risco de rejeição.

Pacientes receptores de órgãos transplantados recebem imunossupressores, drogas que diminuem a produção de anticorpos e reduzem o risco de haver rejeição. Como interferem na produção de todos os anticorpos, as drogas imunossupressoras aumentam o risco de infecções.

A **síndrome da imunodeficiência adquirida** (aids), que afeta as células de defesa do organismo, é causada pelo HIV (*human immunodeficiency virus* ou vírus da imunodeficiência humana). O sucesso do tratamento depende do conhecimento sobre o HIV e de suas características. Trata-se de um vírus da família Retroviridae, subfamília Lentiviridae — ou seja, um **retrovírus** com período de latência relativamente longo.

Os retrovírus são capazes de realizar a transcrição reversa, isto é, sintetizar DNA a partir de um molde de RNA. Assim, embora contenham RNA, os retrovírus podem assumir o controle das células invadidas, por ação das moléculas de DNA produzidas pela enzima **transcriptase reversa**, uma DNA-polimerase dirigida pelo RNA viral.

A infecção pelo HIV (**figura 8**) inicia-se com a ligação do vírus a receptores específicos localizados na membrana de certas células, principalmente leucócitos (como linfócitos T4 e monócitos) e macrófagos (localizados no baço e nos linfonodos). Depois que o HIV penetra na célula, seu RNA serve de “molde” para a síntese de uma cadeia de DNA, com a participação da transcriptase reversa. Com uma cadeia complementar, esse DNA se incorpora ao material genético da célula hospedeira e determina eventualmente a formação de mais proteínas e RNA viral. Estes se associam na montagem de unidades completas, que podem deixar essa célula e invadir outras.

REPLICAÇÃO DO HIV

O HIV é um retrovírus, e suas informações genéticas estão codificadas em moléculas de RNA. Depois de invadir células humanas, os vírus utilizam os processos metabólicos celulares para se multiplicar.

1 HIV livre

O capsídeo viral contém dois filamentos de ácido ribonucleico (RNA). Antígenos da superfície do HIV (chamados proteínas de acoplamento) permitem que o vírus se acople à superfície dos linfócitos T4.

2 União e inoculação

As proteínas de acoplamento unem-se aos receptores CD4, permitindo a fusão do HIV ao linfócito T4 e a introdução do capsídeo, que libera o RNA viral no linfócito.

3 Transcriptase reversa

O HIV libera a transcriptase reversa, enzima que catalisa a síntese de moléculas de DNA, tendo o RNA viral como molde.

4 Incorporação do DNA viral

No núcleo, o DNA viral incorpora-se ao DNA do linfócito.

5 Síntese de componentes virais

A partir do DNA “intruso”, moléculas de RNA mensageiro são transcritas e, no citoplasma, determinam a síntese de proteínas virais. Simultaneamente, novas moléculas de RNA viral são produzidas.

6 Partículas de HIV são formadas

Os constituintes do HIV reúnem-se junto à face interna da membrana do linfócito T4. Uma partícula viral imatura projeta-se como um broto, envolvida por fragmentos da membrana plasmática da célula infectada. Enzimas provocam alterações estruturais na partícula viral imatura, que se converte em uma partícula viral madura.

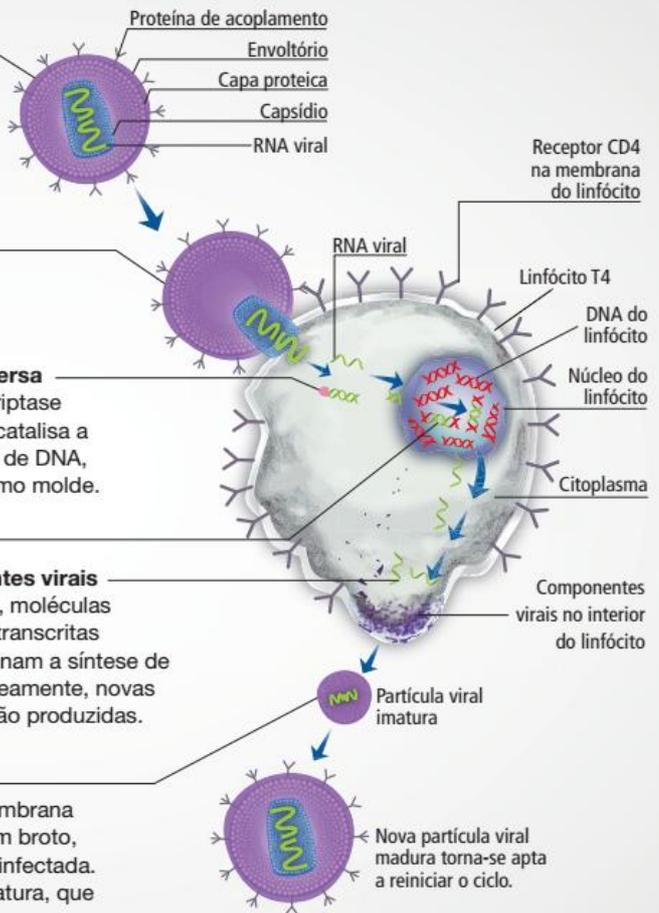


Figura 8. Representação do ciclo do HIV. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A imunossupressão causada pelo HIV decorre da destruição de grandes quantidades de linfócitos T (**figura 9**), que coordenam a resposta imunológica. Assim, o portador torna-se suscetível a infecções causadas por **microrganismos oportunistas** (agentes infecciosos que, em pessoas saudáveis, têm baixa patogenicidade), como protozoários das espécies *Pneumocystis jirovecii*, que provoca pneumonia, e *Toxoplasma gondii*, que causa toxoplasmose.

Infecção por HIV: variação das concentrações de linfócitos T e de partículas virais

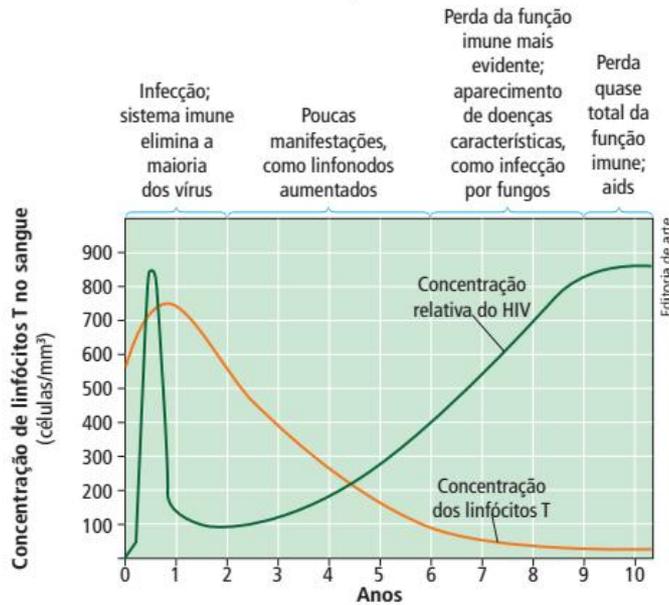


Figura 9. Na fase inicial da infecção pelo HIV, a quantidade de vírus no organismo aumenta acentuadamente e declina a seguir. Nessa etapa, geralmente não há manifestações. Depois de algum tempo, a quantidade de vírus volta a aumentar; ao mesmo tempo, diminui acentuadamente a quantidade de linfócitos T4, e é nesse período que as manifestações se acentuam.

Fonte: REECE, J. B.; TAYLOR, M. R.; SIMON, E. J. *Campbell Biology: Concepts & Connections*. New York: Pearson, 2015.

A transmissão do HIV ocorre por contato com alguns fluidos corporais, como sangue, esperma e secreções vaginais. A transmissão de mãe para filho pode ocorrer pela placenta (durante a gestação), durante o parto ou no aleitamento, caracterizando a chamada transmissão vertical.

O contato social com portadores não transmite o HIV, nem há casos comprovados de transmissão para familiares encarregados de cuidar dos pacientes. Embora o vírus já tenha sido isolado em outros fluidos corporais, como saliva e lágrima, nunca se comprovou que essas secreções possam infectar.

A maioria dos exames laboratoriais (como o teste Elisa) detecta a presença de anticorpos anti-HIV. Como esses anticorpos atingem concentrações detectáveis apenas 30 ou 60 dias após a infecção, a pessoa portadora do vírus pode ter resultados negativos nesses testes. Durante esse período, chamado **janela imunológica**, que em certos casos pode durar até 120 dias, o portador do HIV pode ter a falsa informação de que não está infectado e, se não tiver os cuidados necessários, poderá transmitir o vírus. Essa é uma das razões pelas quais nunca se deve fazer sexo sem proteção ou compartilhar seringas e agulhas.

Drogas antivirais são mais eficientes em **associação** (os chamados coquetéis), cada qual agindo em uma etapa do ciclo do HIV. Os inibidores de transcriptase reversa, como o AZT e o 3TC, impedem a replicação viral (síntese de DNA do vírus); os inibidores de protease impedem a maturação viral (montagem dos vírus).

Sugestões complementares de leitura sobre a aids:

MIGUEL, L. **Sem trilha sonora**. São Paulo: Novo Século, 2008. As memórias, a convivência com as perdas, a sombra da aids e a entrega às novas relações afetivas tecem o enredo dessa obra profunda e envolvente.

POLIZZI, V. **Depois daquela viagem**. São Paulo: Ática, 2014. Um verdadeiro "diário de bordo" de uma jovem que aprendeu a conviver com a aids.

▶ Prevenção

As principais medidas de prevenção da aids incluem:

- Usar preservativo em todas as relações sexuais (vaginal, anal ou oral).
- Evitar atividade sexual com alto risco de contato com sangue (por exemplo, durante a menstruação).
- Não compartilhar seringas e agulhas.
- No caso de transfusões de sangue ou de derivados, exigir amostras testadas.
- Manter-se informado sobre a aids, suas formas de transmissão e de prevenção.

O grande empecilho para a obtenção de uma vacina eficaz contra a aids é a notável capacidade do HIV de sofrer mutações, o que determina o aparecimento de tipos virais ligeiramente diferentes.



Figura 10. Cartaz do Ministério da Saúde. Dia Mundial de Luta contra a Aids, 1º dez.

Na luta contra a Aids, a informação salva vidas

Para vencer a epidemia até 2030, o governo quer ampliar diagnósticos e tratamento. Cerca de 20% dos portadores do HIV não sabem que estão infectados

Apenas durante o carnaval [2015], 70 milhões de preservativos serão distribuídos gratuitamente em todos os estados, que já dispõem de um estoque de 50 milhões nos hospitais da rede pública. [...] Na tentativa de reforçar a importância do sexo seguro, o Ministério da Saúde chegou a criar perfis falsos em aplicativos de paquera e encontros casuais [...]. Em conversas, esses perfis fictícios se identificam como usuários em busca de sexo desprotegido e “sem frescura”. Após atrair interessados, vêm os alertas sobre o risco de contrair doenças sexualmente transmissíveis pela conduta imprudente.

A inovadora estratégia foi anunciada [...] na segunda-feira 9. “O que mais preocupa são os jovens que assumiram uma prática sexual desprotegida apesar de saber os riscos”. Os resultados de uma recente pesquisa encomendada pelo governo federal são alar-

mantes: 94% da população sexualmente ativa está informada do fato de os preservativos serem a principal forma de prevenir a Aids, mas 45% admite não ter usado camisinha em todas as relações casuais. No levantamento, foram consultados 12 mil cidadãos entre 15 e 64 anos em 2013.

Responsável pelo Departamento de DSTs e Aids do Ministério da Saúde, [...] reconhece: “A estratégia de prevenção com foco exclusivo na camisinha bateu no teto”. Não por acaso, as novas peças publicitárias destinadas ao tema trazem um apelo para a população realizar testes de HIV. “Continuamos destacando a importância do sexo seguro, tanto que os personagens aparecem com uma camisinha na mão. Mas o slogan agora é outro: ‘#partitueste’, assim mesmo, com hashtag, em linguagem que dialoga com as novas tecnologias e a juventude. A ideia é aumen-

tar o número de diagnósticos e iniciar o tratamento o quanto antes, uma forma de evitar novas infecções”.

A premissa parte de uma descoberta relativamente recente da Ciência. Testes clínicos realizados em mais de 1,7 mil casais de nove países demonstraram que o tratamento contra a Aids pode ser tão eficaz quanto os preservativos na prevenção da doença. Os antirretrovirais são capazes de suprimir a carga viral dos pacientes infectados ao ponto de reduzir a chance de transmissão do HIV para os seus parceiros em 96%. [...] Por conta da novidade, o Brasil decidiu oferecer o coquetel antiaids a todos os infectados, mesmo aqueles que ainda não apresentam sintomas. [...]

MARTINS, R. Na luta contra a Aids, a informação salva vidas. **Carta Capital**, 14 fev. 2015. Disponível em: <www.cartacapital.com.br/blogs/cartas-da-esplanada/na-luta-contra-a-aids-a-informacao-salva-vidas-5402.html>. Acesso em: jan. 2016.

Atividades

Escreva no caderno

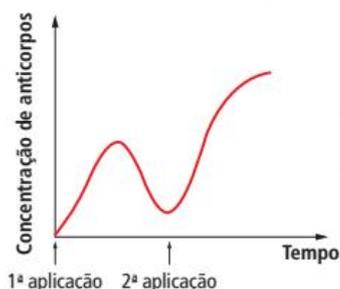
Depois da leitura, responda:

- Na notícia, identifique três estratégias adotadas pelo Ministério da Saúde para o controle e prevenção de HIV/aids.
- Qual é a contradição expressa no segundo parágrafo da notícia?
- Explique o significado da frase “A estratégia de prevenção com foco exclusivo na camisinha bateu no teto”.

Atividades

Escreva no caderno

- (Fuvest-SP) As bactérias podem vencer a barreira da pele, por exemplo num ferimento, e entrar em nosso corpo. O sistema imunitário age para combatê-las.
 - Nesse combate, uma reação inicial inespecífica é efetuada por células do sangue. Indique o processo que leva à destruição do patógeno bem como as células que o realizam.
 - Indique a reação de combate que é específica para cada agente infeccioso e as células diretamente responsáveis por esse tipo de resposta.
- (UFU-MG) Qual é a importância do sistema linfático no processo de defesa do nosso organismo? Relacione esse fato ao aparecimento de caroços ou ínguas nas axilas e virilhas.
- (UFSCar-SP) Em artigo publicado na Folha de S.Paulo, I. Raw, P. Buss, E. Camargo e A. Homma afirmam: “Vacinas são usadas para prevenir doenças infecciosas. Soros são usados, junto de outras medidas, para controlar as doenças que não puderam ser prevenidas”.
 - De que modo as vacinas previnem doenças?
 - De que modo os soros controlam doenças que não puderam ser prevenidas?
- (Vunesp-SP) O gráfico representa o resultado de duas aplicações de um mesmo antígeno, em intervalos diferentes.
 - A que tipo de imunização se referem as aplicações?
 - Analisar os resultados apresentados pelo gráfico e explique o fato observado com a segunda aplicação do antígeno.
- (UFPB) A Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (aids) é causada por um retrovírus. Trata-se de uma doença gravíssima, para a qual, a despeito dos inúmeros esforços que vêm sendo feitos pelos cientistas, ainda não foi descoberta a cura. Sobre essas considerações:
 - Explique por que o termo “imunodeficiência” é empregado na denominação dessa síndrome.
 - Explique o que é retrovírus.
 - Cite um meio de transmissão da aids.
 - Cite uma medida profilática a ser tomada contra a aids.



Editoria de arte

Professor, se os alunos tiverem acesso à Divisão Regional de Saúde ou à Vigilância Epidemiológica de sua cidade ou região:

- a) solicite a eles que busquem informações e elaborem uma tabela com os dados referentes aos casos de aids, classificados de acordo com a forma de exposição;
b) peça-lhes que comparem os dados obtidos com os dados nacionais e levantem hipóteses que expliquem eventuais diferenças mais expressivas.

Depois de ler o texto e analisar as tabelas abaixo, responda às questões 6 e 7:

Uma epidemia em mutação

O primeiro caso de aids foi notificado nos Estados Unidos em maio de 1981. No Brasil, em 1984, já eram conhecidos casos em crianças. Desde então, aprendeu-se bastante sobre a aids, mas percebeu-se que muito existe para ser conhecido, e diversos conceitos foram modificados.

No início, a aids estava associada a homossexuais masculinos e usuários de drogas ilícitas injetáveis. Com o passar do tempo e com as novas descobertas, o conceito de “grupo de risco” foi abandonado. Entretanto, ainda não se percebeu que todos somos

“grupo de risco”, não importando o sexo ou a orientação sexual. Assim como ocorre em muitos lugares do mundo, a epidemia de aids no Brasil exibe uma dinâmica de contínuas modificações.

Recentemente, vem atingindo de maneira mais intensa novos segmentos populacionais, particularmente entre os estratos sociais menos favorecidos, e chegando a cidades onde sua presença não havia sido registrada.

A seguir, alguns dados estatísticos sobre a aids no Brasil, entre 1980 e 2015.

Distribuição percentual da aids no Brasil, de acordo com o sexo*					
	1980 a 1999	2000 a 2004	2005 a 2009	2010 a 2014	2015
Masculino	73,33	61,58	60,13	64,00	66,83
Feminino	26,67	38,41	39,84	35,96	32,93

Distribuição percentual da aids no Brasil, de acordo com a forma de exposição**						
Masculino		1980 a 1999	2000 a 2004	2005 a 2009	2010 a 2014	2015
Sexual	Homossexual	22,9	17,6	19,78	26,43	28,46
	Bissexual	13,6	10,42	8,96	7,74	6,88
	Heterossexual	20,8	39,34	43,82	42,08	38,60
Sanguíneo	UDI***	24,8	13,68	7,38	3,99	2,75
	Hemofílico	0,6	0,12	0,08	0,03	0,02
	Transfusão	0,7	0,04	0,06	0,09	0
Acidente de trabalho		0	0	0	0,01	0
Transmissão vertical		0	0,06	0,26	0,49	0,65
Ignorado		16,5	18,76	19,66	19,20	22,64
Feminino		1980 a 1999	2000 a 2004	2005 a 2009	2010 a 2014	2015
Sexual****	Homossexual	-	-	0	0	0
	Bissexual	-	-	0	0	0
	Heterossexual	83,9	93,36	89,00	87,85	85,57
Sanguíneo	UDI***	14,1	5,24	2,71	1,94	1,59
	Hemofílico	-	-	0	0	0
	Transfusão	1,7	0,08	0,07	0,04	0,05
Acidente de trabalho		0	0	0,01	0,01	0
Transmissão vertical		0	0,12	0,46	0,70	0,93
Ignorado		0,3	1,18	7,76	9,44	11,86

*Casos totais de aids notificados no Brasil entre 1980 e 2015.

** Casos de aids notificados no Brasil em indivíduos com 13 anos de idade ou mais, entre 1980 e 2015.

*** UDI = usuários de drogas injetáveis.

**** Não há levantamento de transmissão sexual entre homossexuais e bissexuais no sexo feminino.

Fontes dos dados: Boletim Epidemiológico DST e AIDS, Brasília, DF: Ministério da Saúde, ano IV, n. 1, 2015. Boletim Epidemiológico HIV-AIDS, Brasília, DF: Ministério da Saúde, ano I n. 1, 2012.

6. Julgue verdadeiras ou falsas (V ou F) as seguintes afirmativas:

- I. De 1980 a 2015 nota-se declínio da transmissão por via sexual e aumento da transmissão por transfusão de sangue.
- II. As campanhas de estímulo ao uso de preservativo têm trazido resultados mais satisfatórios entre os heterossexuais que entre os homossexuais.
- III. Espera-se que o aumento da transmissão entre heterossexuais seja acompanhado de redução da transmissão materno-fetal.

IV. Os testes diagnósticos que reduzem a janela imunológica explicam pelo menos parte da redução da transmissão por transfusões de sangue.

V. A redução da transmissão entre usuários de drogas ilícitas injetáveis tem sido a principal conquista das campanhas de combate à aids no Brasil.

I - F; II - F; III - F; IV - V; V - V

7. Elabore ao menos uma hipótese válida para explicar a alteração do perfil de incidência da aids no Brasil, entre 1980 e 2015:

- a) em relação às formas de transmissão;
- b) em relação ao sexo.

Image Point. Fr/Shutterstock.com

O portal do Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos – Bio-Manguinhos – traz informações relevantes sobre a produção e o papel de vacinas e outros biofármacos. Disponível em: <<http://tub.im/a56cah>>.

Além de um rico portal, o Instituto Butantan abre as portas para visita pública e para demonstrações, por exemplo, de extração de peçonha de serpentes. Disponível em: <<http://tub.im/mc3r4f>>.

Outra ampla fonte de material de divulgação científica de qualidade é o portal do Instituto Evandro Chagas, do Pará. Disponível em: <<http://tub.im/5f4h6w>>. Acessos em: fev. 2016.

O Ministério da Saúde recomenda que os idosos sejam vacinados anualmente contra a *influenza*.

A importância de produzir vacinas

Quando surgiu o vírus da *influenza* H1N1, semelhante ao que, em 1918, matou 50 milhões de pessoas, o mundo se assustou. Todas as crianças, mulheres grávidas, idosos e o pessoal da saúde teriam que ser vacinados, mas não havia fábricas para atender a todos.

Os países mais avançados, onde estavam os centros de produção, reservariam as vacinas para a sua própria população! Mais de uma vez, nas reuniões da Organização Mundial da Saúde, fui o porta-voz da população que vivia nos países em desenvolvimento, que não poderia pagar US\$ 10 por uma vacina. (Passado o perigo, o preço caiu a um terço para uma vacina tripla.)

Fiz ver que o Primeiro Mundo afundaria junto sem matérias-primas nem mercado. Generosamente, o cartel de poucas empresas reservou um décimo da produção para dois terços da humanidade.

A *influenza* H1N1 rapidamente se espalhou pelo globo e, mesmo menos agressiva, ainda mata muitos.

Poucos anos antes, o alarme surgira com a *influenza* aviária H5N1, que matou poucas pessoas, mas poderia ter atingido milhões se não tivesse havido controle. O Vietnã matou todos os seus frangos e patos. Se o vírus tivesse alcançado o Brasil, teríamos destruído uma indústria que produz 6 bilhões de frangos. Teríamos eliminado milhões de empregos e um dos principais produtos de exportação, e o Primeiro Mundo teria ficado sem frangos.

O Butantan se adiantou. Montei, em regime de emergência, num prédio com mais de 50 anos, um piloto que começou a treinar técnicos e produzir a vacina H5N1 em caso de algum viajante trazer o vírus.

Construímos uma fábrica, que, como todos os projetos públicos, levou anos para ser erguida. Ela deveria produzir a vacina, que muda a cada ano, para aplicação em idosos.

Enquanto a fábrica não estava pronta nem aprovada pela Anvisa, formulamos três sorotipos de vacinas importadas a granel para fornecer cerca de 200 milhões de doses ao Ministério da Saúde.

Finalmente, em 2012, produzimos 15 milhões de doses, que a Anvisa, por razões “técnicas”, não aprovou. Gastamos US\$ 45 milhões para, de novo, fazer o que os outros laboratórios fazem: comprar o granel e formular — [...] sem aprender a fazer e, pior, sem inovar, ficando eternamente dependente de produtos estratégicos essenciais.

Quando a *influenza* H1 se esparramou pelo mundo, não bastava vacinar 20 milhões de idosos. Tornou-se necessário vacinar crianças, gestantes, operários e médicos, enfermeiros, policiais e bombeiros.

A fábrica que começou a operar com a licença da Anvisa há três meses foi prevista para, usando 20 milhões de ovos galados onde os vírus se reproduzem, produzir 20 milhões de vacinas triplas. Agora a demanda aumentou para 40 a 80 milhões de doses de vacinas.

Inovamos. Descobrimos como fazer uma adjuvante que permite usar um quarto da dose da vacina, reduzindo a um quarto o seu preço. O Butantan poderá produzir os 80 milhões em 2015-6! Desenvolvemos uma vacina com o vírus inteiro, que duplica a produção para 160 milhões. Atendemos o norte do Brasil e sobrarão para países vizinhos.

RAW, I. A importância de produzir vacinas. *Folha de S.Paulo*, 19 jun. 2013. Fornecido pela Folhapress. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniaio/114681-a-importancia-de-produzir-vacinas.shtml>>. Acesso em: jan. 2016.

Depois da leitura do texto, faça o que se pede:

Escreva
no caderno

1. Identifique a ideia central do texto.
2. Destaque argumentos importantes do autor em defesa de seu ponto de vista.

Reagindo a estímulos

Tecido nervoso e tecidos musculares

Na internet, é possível encontrar vídeos de exposições de Jacqueline du Pré. Se julgar adequado, como atividade de sensibilização, assista a um deles com os alunos antes de iniciar os estudos desse capítulo.

Razão e sensibilidade

Aos quatro anos de idade, ao ouvir pela primeira vez um violoncelo, Jacqueline du Pré disse à mãe: “Quero um desses”. Tinha início a carreira da mais talentosa violoncelista que o mundo já conheceu. Aos 16 anos, a garota prodígio começou a se apresentar nas principais salas de concerto da Inglaterra; aos 20 anos, já havia tocado com a Filarmônica de Berlim, a Filarmônica de Londres e a Filarmônica de Nova York.

Em 1971, aos 25 anos, a artista começou a perder a sensibilidade nos dedos. O quadro neurológico progrediu e, dois anos depois, confirmou-se o diagnóstico de esclerose múltipla (EM). Em fevereiro de 1973, em Londres, num concerto regido pelo famoso maestro indiano Zubin Mehta, encerrava-se a brilhante carreira da violoncelista. Jacqueline du Pré morreu 14 anos depois, aos 42 anos de idade.

A EM é uma doença degenerativa da parte central do sistema nervoso, composta pelo encéfalo e pela medula espinal. A lesão característica da EM é a destruição do estrato mielínico, camada que reveste os prolongamentos dos neurônios (células nervosas). A lesão resulta da produção de anticorpos contra o estrato mielínico por células de defesa do próprio organismo; portanto, trata-se de uma doença autoimune.

Em geral, a EM afeta adultos jovens (mais frequentemente mulheres). Nas fases iniciais, provoca alterações de sensibilidade, em surtos que podem durar até 24 horas. Evolui ao longo de alguns anos, alternando períodos de agravamento e de melhora. Além da perda de sensibilidade e de coordenação motora, outras manifestações envolvem formigamento das extremidades, fraqueza muscular e alterações visuais.

Embora ainda hoje a EM tenha prognóstico sombrio, nas últimas décadas surgiram tratamentos que aumentam a sobrevida e melhoram a qualidade de vida. É fundamental que os pacientes e seus familiares permaneçam bem assistidos e informados, para que possam conviver com a EM da melhor maneira. Além disso, muitas pesquisas estão em andamento, e novidades surgem com frequência.

Outro processo degenerativo da parte central do sistema nervoso é a doença de Alzheimer, que provoca perda progressiva de neurônios e, assim como a EM, não tem cura. Todavia,

existem tratamentos capazes de atenuar as manifestações e melhorar a qualidade de vida, não apenas dos pacientes, mas também, indiretamente, dos familiares.

As manifestações iniciais do Alzheimer são lapsos de memória e oscilações do humor. Com o avanço do quadro, são comuns a dificuldade de orientação, a confusão mental e a incapacidade de reconhecer situações ou pessoas, mesmo as mais próximas. Perdem-se progressivamente as funções cognitivas, a autonomia e as funções motoras (capacidade de andar, por exemplo). No curso da enfermidade, alternam-se dias de relativa lucidez e dias de demência profunda, e até momentos melhores e piores em um mesmo dia.

A perda do autocontrole leva a pessoa a dizer frases desconexas ou usar um linguajar com o qual não estava habituada. É comum o doente com Alzheimer recusar os cuidados dos acompanhantes, de tratar pessoas próximas e acusá-las injustamente de estar sendo furtado ou maltratado. Particularmente nesses momentos, não é fácil ser o cuidador (em geral, cônjuges e filhos).

É comum os familiares sentirem-se ofendidos e magoados, confundindo o comportamento da pessoa doente com situações vividas antes da patologia.

A população brasileira está envelhecendo. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Brasil a expectativa de vida ao nascer, em 2011, era de 74 anos e um mês, um significativo aumento em relação a 2000, quando era de 70 anos e cinco meses. Refletindo a melhoria das condições de vida da população, o indicador aponta a necessidade de o país estar preparado para lidar com um maior contingente de idosos e com mais pessoas sofrendo de doenças crônicas — inclusive os processos degenerativos do sistema nervoso.

Quem convive com pessoas com Alzheimer precisa compreender o que é a doença e estar preparado para situações desconfortáveis que, certamente, enfrentará. É difícil aceitar que a personalidade com a qual convivemos por décadas não está mais presente na pessoa ao nosso lado.

Diferentemente da esclerose múltipla (em que a pessoa continua presente em um corpo que não mais obedece aos comandos), no Alzheimer é a mente que se esvai de um corpo que continua precisando de cuidado, atenção e conforto.

Se possível, assista com os alunos ao filme **Para sempre Alice** (2014, EUA). Nele, a personagem principal é uma mulher com uma variante hereditária da doença de Alzheimer. Com dignidade, o filme aborda aspectos relacionados à doença e aos problemas pessoais e familiares que podem ser deflagrados.



Lebrecht, Musik and Arts/G. MacDermic/Dionedia

A violoncelista Jacqueline du Pré (1945-1987) no estúdio Abbey Road, em Londres, em 1967.

Tecido nervoso

A bola está parada na marca do pênalti, e o goleiro olha fixamente nos olhos do adversário. Quando o chute é disparado, um “computador central”, na cabeça do goleiro, analisa a velocidade e a trajetória da bola, determina o local onde ela deverá estar dentro de uma fração de segundo e envia mensagens aos músculos das pernas e dos braços. O goleiro salta e tenta fazer a defesa (**figura 1**).

Esse “computador central” é o **cérebro**, para onde convergem as informações que vêm do ambiente. Do cérebro partem ordens que comandam as muitas atividades do corpo. O cérebro faz parte do **sistema nervoso**, um dos responsáveis pela integração entre as diversas regiões do organismo.

O **tecido nervoso** permite que os animais reajam adequadamente aos estímulos que recebem. Depois que esses estímulos são processados, mensagens são enviadas aos órgãos **efetores** — músculos ou glândulas. Estimulando músculos, os impulsos nervosos desencadeiam movimentos, como a retirada da mão de uma chama; estimulando glândulas, provocam a liberação de secreções. Portanto, o tecido nervoso tem duas funções básicas: **responder a estímulos** e **conduzir informações** rapidamente às diversas partes do corpo.

Figura 1. Analisar, decidir, tentar marcar o gol, tentar fazer a defesa! Os tecidos nervoso e muscular são os responsáveis pela manifestação da alegria de uma torcida e da tristeza da outra.



No sistema nervoso, diferenciam-se duas linhagens celulares (**figura 2**):

- **Gliócitos** (do grego *glia*, cola). Células que dão suporte aos neurônios, participam da defesa do sistema nervoso e controlam as trocas de substâncias entre ele e o sangue.
- **Neurônios**. Células que geram e transmitem impulsos nervosos. Os neurônios apresentam duas propriedades: **excitabilidade** (capacidade de reagir a estímulos) e **condutibilidade** (propriedade de transmitir as alterações desencadeadas pelos estímulos). Um neurônio típico possui **corpo celular**, **dendritos** e **axônio**. Os dendritos (do grego *dendron*, árvore), semelhantes aos galhos de uma árvore, recebem estímulos e geram impulsos nervosos. Pelo axônio (do grego *axon*, eixo), o impulso nervoso propaga-se para longe do corpo celular. A propagação do impulso nervoso, ao longo do neurônio, ocorre no sentido dendritos → corpo celular → axônio. A região de passagem do impulso nervoso de um neurônio para outra célula chama-se **sinapse** (do grego *synapsis*, ação de juntar).

Os corpos celulares concentram-se geralmente em áreas restritas do sistema nervoso, que constituem a **parte central do sistema nervoso**, formada pelo encéfalo e pela medula espinal. Nos vertebrados, a parte central do sistema nervoso é protegida por estruturas ósseas ou cartilaginosas resistentes, no interior da **caixa craniana** e no canal formado pela **coluna vertebral**.

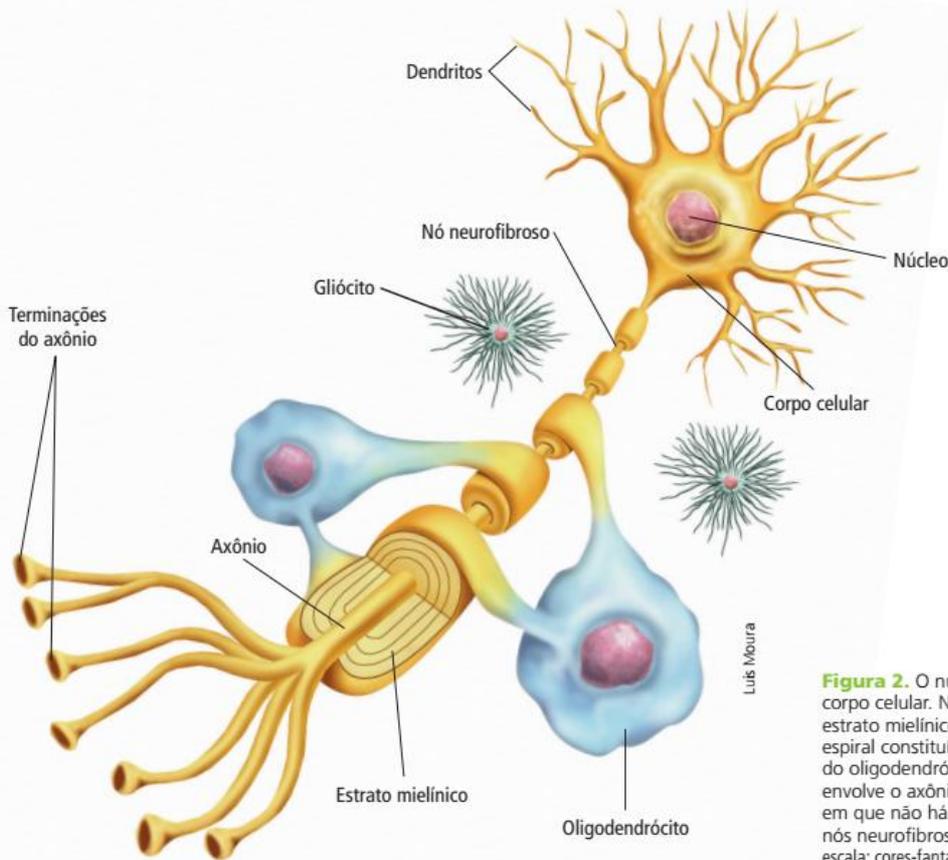


Figura 2. O núcleo de um neurônio está no corpo celular. Nos nervos dos vertebrados, o estrato mielínico é formado por voltas de uma espiral constituída pela membrana plasmática do oligodendrócito (ou célula de Schwann), que envolve o axônio. Os pequenos espaços do axônio em que não há estrato mielínico são chamados nós neurofibrósos (ou nós de Ranvier). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

É importante que os corpos celulares estejam protegidos. Neurônios são células diferenciadas e raramente se dividem após sua completa maturação. Por isso, lesões que provocam a morte de neurônios costumam deixar sequelas.

Corpos celulares também estão presentes nos **gânglios nervosos**, localizados próximo da coluna vertebral ou em certos órgãos, como o coração, o estômago e o intestino.

Da parte central do sistema nervoso partem os prolongamentos dos neurônios, formando feixes chamados **nervos**, que, com os gânglios nervosos, constituem a **parte periférica do sistema nervoso**. Os nervos que levam informações das estruturas receptoras (por exemplo, os receptores do tato ou da audição) para a parte central do sistema nervoso são os **nervos sensitivos** (nervos aferentes ou sensoriais), formados por prolongamentos de neurônios sensitivos; aqueles que transmitem impulsos da parte central do sistema nervoso para músculos ou glândulas são os **nervos motores** (ou nervos eferentes), constituídos por feixes de axônios de neurônios motores. Existem **nervos mistos**, formados por prolongamentos de neurônios sensitivos e motores. Os nervos motores são centrífugos, e os nervos sensitivos são centrípetos. Os nervos não contêm neurônios inteiros, apenas seus prolongamentos. Seccionados, podem ser religados cirurgicamente.

Há neurônios que possuem o axônio recoberto por um complexo lipoproteico chamado **estrato mielínico** (ou bainha de mielina).

► Impulso nervoso: a informação em movimento

No neurônio em repouso, por ação da **bomba de sódio e potássio**, a concentração de íons de sódio é maior no lado de fora que no lado de dentro da célula; ocorre o inverso com íons de potássio, pois sua concentração interna é maior que a externa (**figura 3a**). Por difusão, há tendência de saída de íons de potássio e de entrada de íons de sódio no neurônio. Todavia, a membrana plasmática do neurônio em repouso é praticamente impermeável aos íons de sódio, impedindo que esses se movam a favor de seu gradiente de concentração (de fora para dentro). A membrana, porém, é muito permeável aos íons de potássio, que, favorecidos pelo gradiente de concentração e pela permeabilidade da membrana, saem do neurônio (**figura 3b**).

Como a saída de íons de potássio não é acompanhada pela entrada de sódio na mesma proporção, estabelece-se uma diferença de cargas elétricas entre os meios intracelular e extracelular: há déficit de cargas positivas dentro da célula, e a membrana se mantém eletricamente carregada.

A membrana do neurônio em repouso é **polarizada** como uma pilha elétrica: sua face interna é o “polo negativo”, e a face externa é o “polo positivo”. A diferença de potencial (ddp) entre as duas faces do neurônio em repouso, chamada **potencial de repouso** (ou **potencial de membrana**), é de cerca de -70 mV (**figura 3c**).

Em histoquímica, a unidade de diferença de potencial (ddp) habitualmente usada é o milivolt (mV).

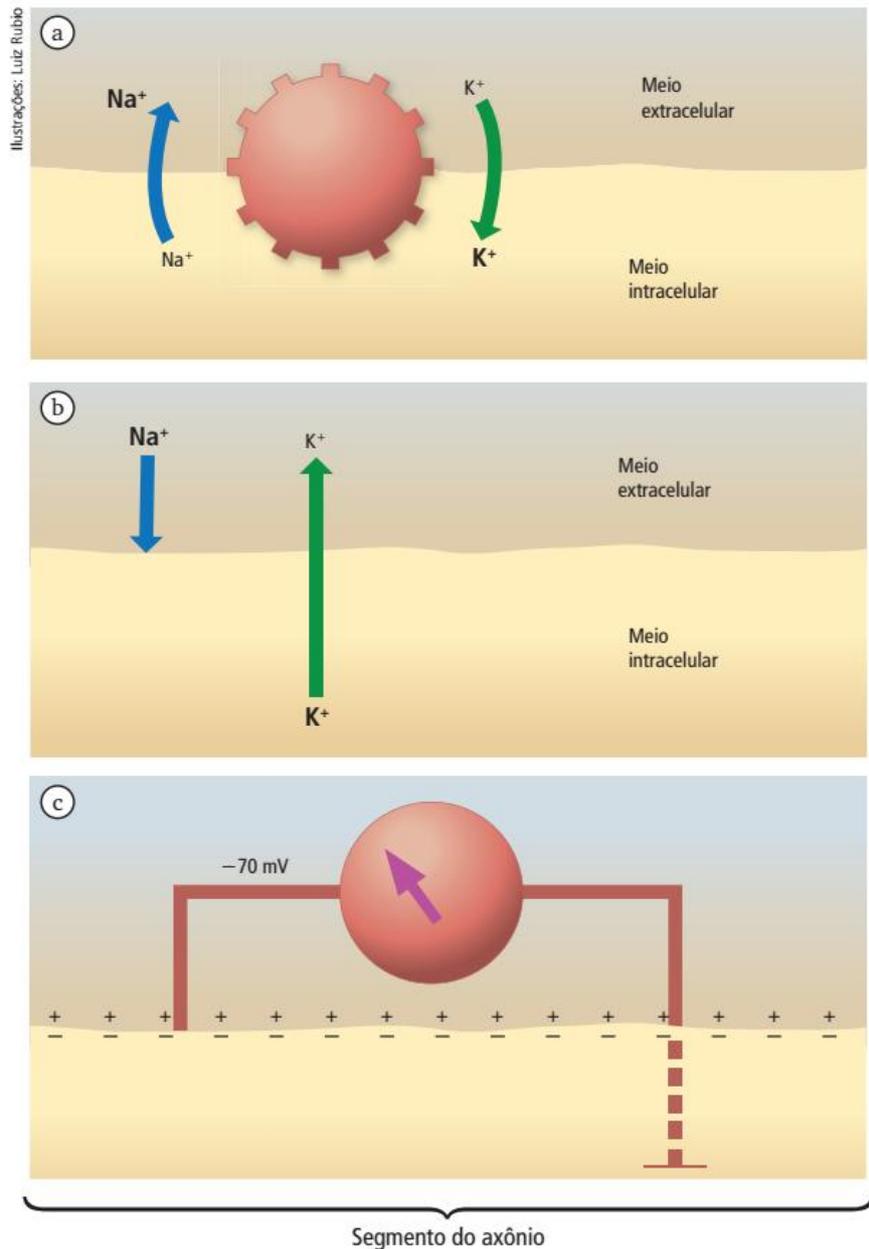


Figura 3. (a) Atuação da bomba de sódio e potássio, que mantém maior concentração de íons de sódio (Na^+) do lado de fora e maior concentração de íons de potássio (K^+) do lado de dentro da célula, opondo-se à tendência de difusão. (b) A diferença de permeabilidade ao sódio e ao potássio gera (c) uma diferença de potencial entre as faces interna e externa de um neurônio em repouso (potencial de repouso). (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

▶ Resposta do neurônio a estímulos

Um neurônio pode ser estimulado em qualquer ponto de sua superfície, e a excitação é transmitida em todos os sentidos. Entretanto, em condições normais, são as extremidades dos dendritos que recebem estímulos. Para que o neurônio reaja, o estímulo deve ter certa intensidade mínima (chamada **limiar de excitação**). Se o estímulo for de baixa intensidade, as alterações do neurônio não serão suficientes para gerar um impulso nervoso; se o estímulo tiver intensidade igual ou superior ao limiar de excitação, o neurônio reagirá sempre da mesma maneira, mesmo que a intensidade do estímulo aumente. O neurônio obedece à **lei do tudo ou nada**: uma vez ultrapassado o limiar de excitação, ele reage sempre da mesma forma, qualquer que seja a intensidade do estímulo.

A membrana plasmática tem papel fundamental na geração e na condução do impulso nervoso: ao ser estimulada, uma pequena região torna-se momentaneamente permeável aos íons de sódio. Como a concentração desse íon é maior fora que dentro da célula, os íons de sódio atravessam a membrana no sentido do interior (**figura 4a**). A entrada de íons de sódio é acompanhada de pequena saída de íons de potássio. O fluxo mais intenso de íons de sódio torna o interior da célula carregado positivamente em relação ao exterior, que se torna negativo. Essa alteração da distribuição de cargas elétricas chama-se **despolarização**. A oscilação do potencial elétrico da membrana do neurônio, que se observa quando este é estimulado, é o **potencial de ação**. Na região despolarizada, a ddp entre as duas faces da membrana passa de -70 mV para $+40$ mV. O valor de $+40$ mV, alcançado no momento da despolarização, é o **potencial de inversão** (**figura 4b**).

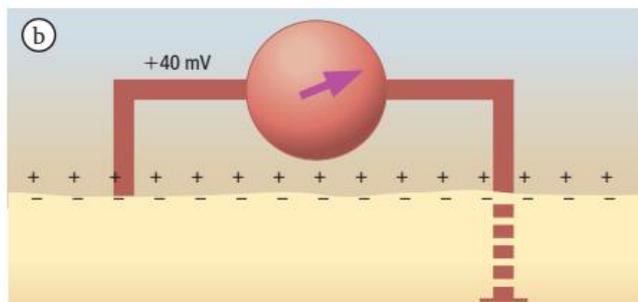


Figura 4. (a) A despolarização da membrana do neurônio estimulado ocorre devido à entrada de íons de sódio, o que provoca oscilação da ddp, verificada no gráfico. (b) No momento de máxima alteração, a diferença de potencial entre as duas faces da membrana alcança $+40$ mV (potencial de inversão). Embora consagrada pelo uso, a expressão **despolarização** é inadequada, pois o que ocorre é uma inversão da polaridade.

Após o período de alteração transitória da permeabilidade do neurônio, ocorre um período de **repolarização**, em que os íons de potássio se difundem para o meio extracelular. Como sua carga elétrica é positiva, a membrana readquire a condição inicial: negativa na face interna e positiva na face externa. Durante o período de repolarização, o neurônio se mantém insensível e não responde a estímulos, por mais intensos que sejam. Por isso, o tempo gasto na repolarização chama-se **período refratário**. Após esse período, a bomba de sódio e potássio restabelece ativamente (com gasto de energia) os gradientes normais de concentração, removendo os íons de sódio da célula e introduzindo nela os íons de potássio.

▶ Propagação do impulso pelo neurônio

O impulso nervoso é um fenômeno de natureza eletroquímica que se propaga pela membrana do neurônio, habitualmente em sentido único.

Quando uma região da membrana de um neurônio em repouso é estimulada, ela se despolariza, e seu interior se torna positivo não só em relação ao meio extracelular, mas também em relação ao interior da região adjacente. Então, as cargas positivas fluem para a região que ainda está em repouso, o que a estimula e a despolariza. Essa região, agora despolarizada, estimula a região vizinha e assim sucessivamente, até que o estímulo alcança o fim do axônio. Essa onda de despolarização é o **impulso nervoso**. Quando uma região está despolarizada, a região anterior, por onde o impulso acabou de passar, inicia sua repolarização e retorna ao repouso (**figuras 5 e 6**).

Como o potencial de ação é a oscilação do potencial elétrico da membrana ao ser estimulada, o impulso nervoso é definido como um **potencial de ação propagado** ao longo da membrana do neurônio.

O estrato mielínico interfere na velocidade de propagação do impulso nervoso: axônios mielinizados transmitem o impulso mais rapidamente que os axônios amielínicos. Quando a membrana, em um nó neurofibrroso, encontra-se despolarizada, a alteração elétrica gerada passa diretamente para o nó seguinte, que se despolariza. Esse mecanismo é conhecido como **condução saltatória**.

A espessura do axônio também interfere: axônios calibrosos conduzem o impulso mais rapidamente que axônios finos.

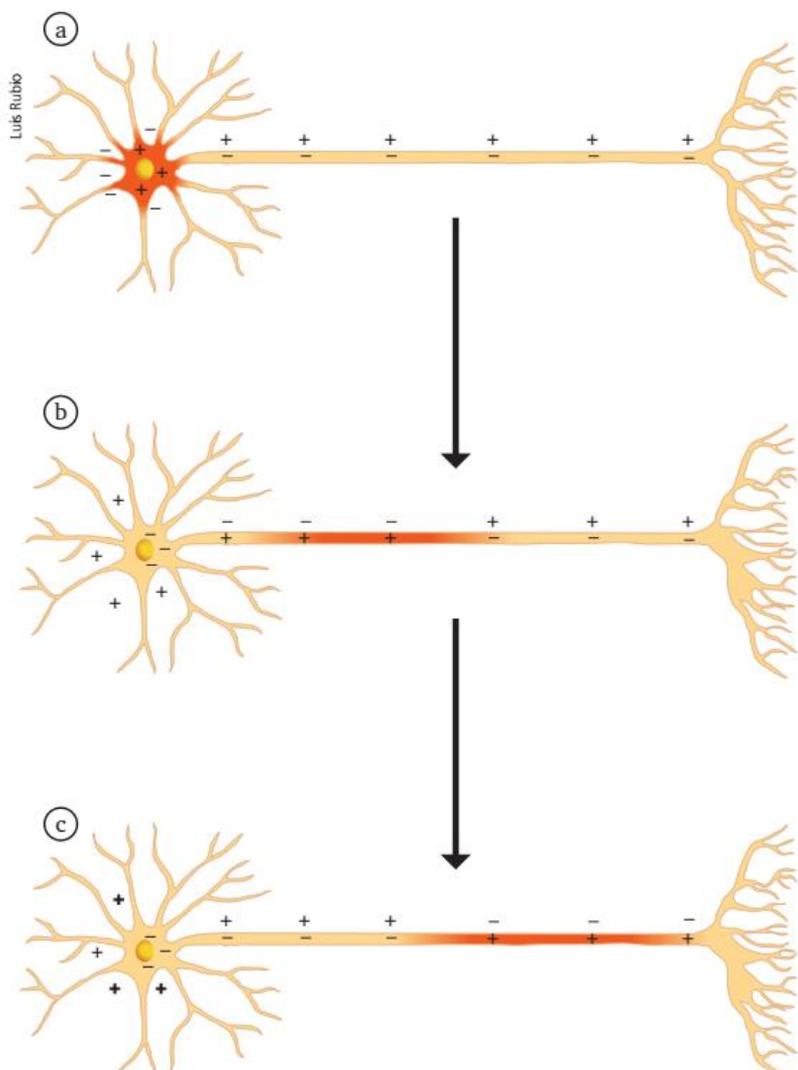


Figura 5. a) Ao ser estimulada, a membrana do neurônio sofre uma inversão em sua polaridade e estimula a região adjacente. (b) Quando esta se despolariza, a região inicial já está repolarizada. (c) Dessa forma, o impulso nervoso percorre o axônio. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)



Rob Hyorns/Shutterstock.com



strebv/Shutterstock.com



Dents Vrublevskiz/Shutterstock.com

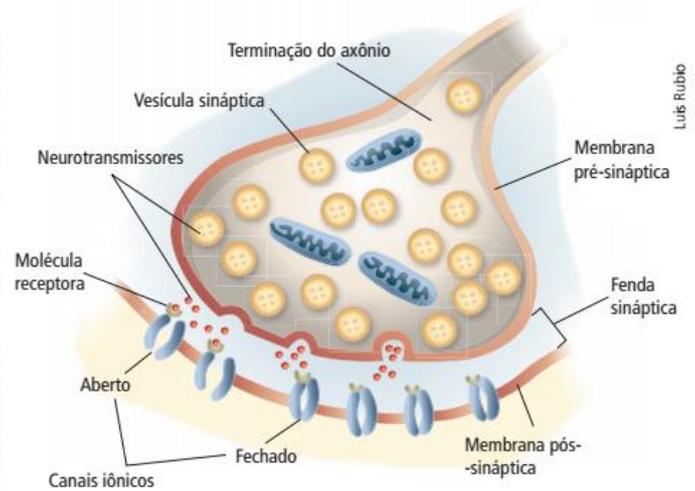
Figura 6. A propagação do impulso nervoso pode ser comparada com o tombamento de uma fileira de peças de dominó. Quando a primeira peça é derrubada, ela cai e derruba a segunda, que cai e derruba a terceira, e assim sucessivamente, até que todas as peças tomberem. No entanto, deve-se observar que, logo após se despolarizar, a membrana do neurônio se torna novamente impermeável aos íons de sódio e se repolariza, retornando ao "repouso". Isso não ocorre com as peças, que caem e permanecem tombadas.

▶ Sinapse, sinalização química

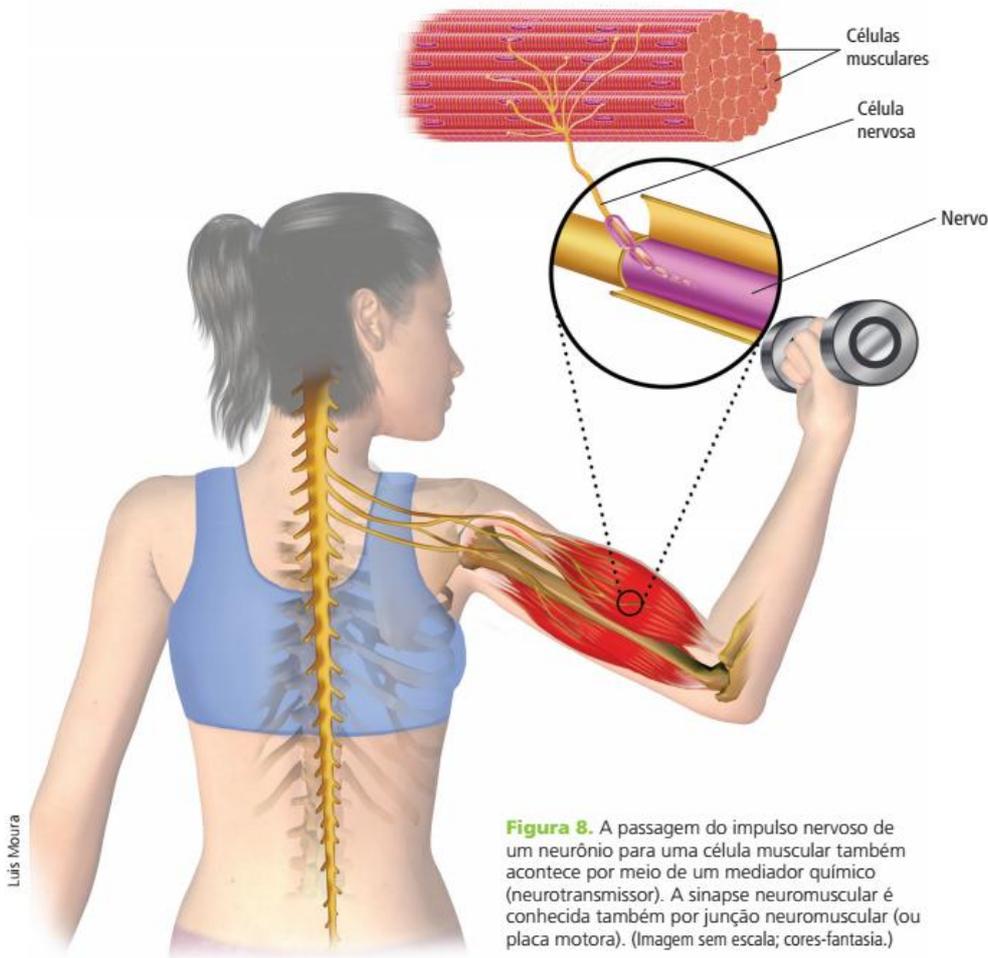
A região de interação entre as terminações do axônio de um neurônio e outra célula chama-se **sinapse** (figuras 7 e 8). O espaço entre a membrana do neurônio (membrana pré-sináptica) e a membrana da célula que ele estimula (membrana pós-sináptica) chama-se **fenda sináptica**. Na extremidade do axônio, existem vesículas sinápticas repletas de substâncias denominadas **neurotransmissores**, dos quais os mais conhecidos são a acetilcolina e a noradrenalina.

A passagem do impulso pela sinapse é um fenômeno exclusivamente químico e unidirecional, pois apenas na terminação do axônio há vesículas com neurotransmissores.

Figura 7. Esquema de uma sinapse. Quando o impulso nervoso alcança a terminação do axônio, as vesículas sinápticas liberam os neurotransmissores, que atravessam a fenda sináptica e se ligam a moléculas receptoras na membrana pós-sináptica, abrindo os canais iônicos que permitem a entrada de íons de sódio. Um impulso nervoso é gerado e propaga-se pela célula. Assim que o neurotransmissor atinge a membrana pós-sináptica, é inativado por enzimas. A acetilcolina, por exemplo, é destruída pela enzima acetilcolinesterase. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



Luis Rubio



Luis Moura

Figura 8. A passagem do impulso nervoso de um neurônio para uma célula muscular também acontece por meio de um mediador químico (neurotransmissor). A sinapse neuromuscular é conhecida também por junção neuromuscular (ou placa motora). (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ A junção neuromuscular pode ser bloqueada pelo **curare**, substância extraída de plantas dos gêneros *Strychnos* e *Chondrodendron*, usada por indígenas sul-americanos para envenenar as pontas das flechas. O curare liga-se a receptores na membrana pós-sináptica, impedindo a ação da acetilcolina, mediador liberado na extremidade do axônio. Em consequência, ocorre paralisia dos músculos esqueléticos, causando a morte por parada respiratória. A princípio, o curare não provoca parada cardíaca, uma vez que a contração do coração ocorre independentemente de estímulos externos. Porém, a parada cardíaca pode decorrer da asfixia e da falta de oxigênio. Drogas derivadas do curare e com efeito parecido são usadas durante cirurgias para provocar relaxamento muscular. Pacientes sob efeito dessas drogas permanecem no respirador artificial.

Tecidos musculares

Os movimentos permitem tanto ações corriqueiras — como pentear os cabelos — quanto buscar alimento e abrigo, escapar de agressores e encontrar parceiros sexuais. Outros tipos de movimentos, como os movimentos peristálticos e respiratórios, auxiliam na manutenção da vida.

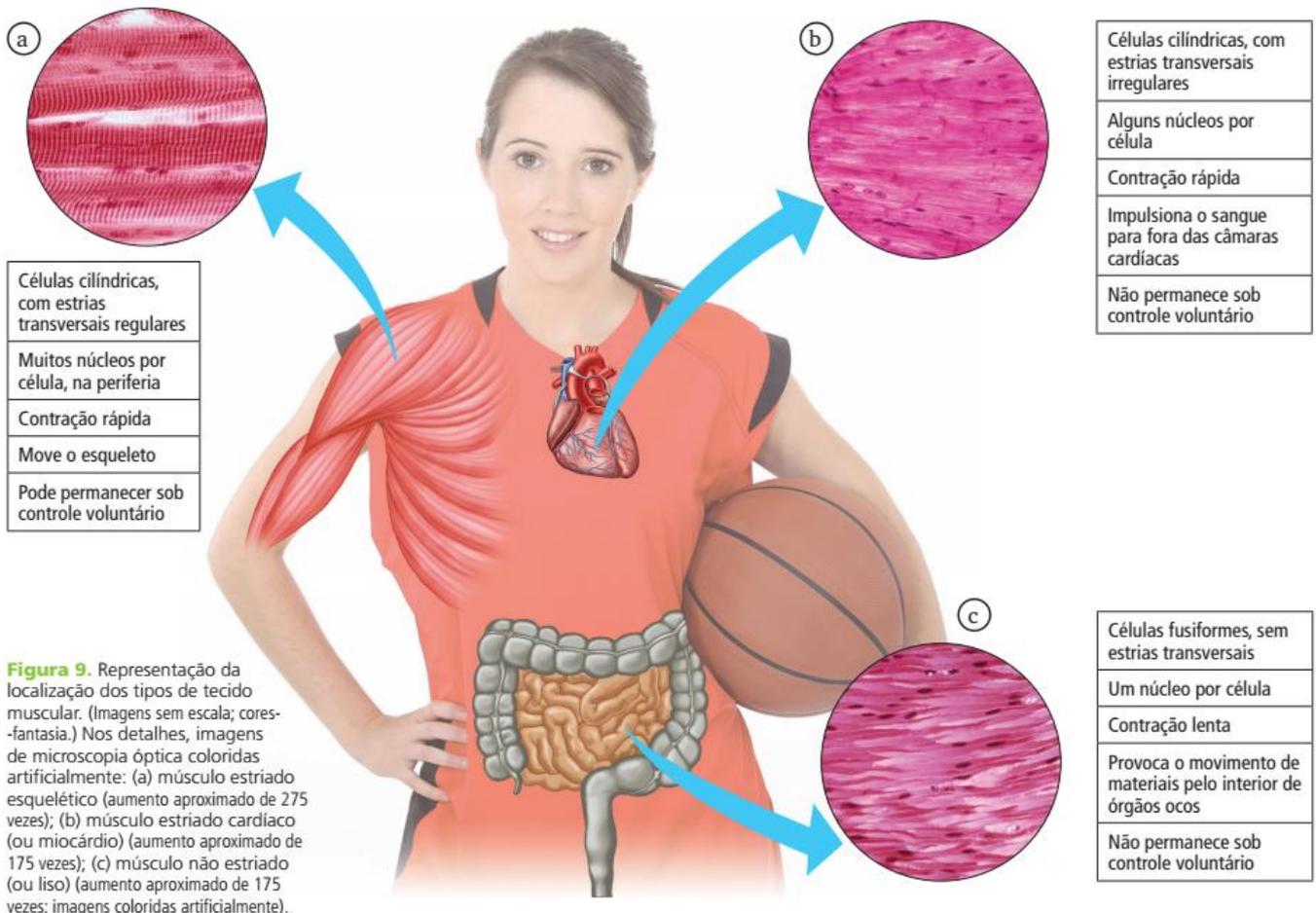
Os poríferos (esponjas), apesar de sésseis, têm células contráteis na borda de suas aberturas, que se contraem quando tocadas. Os cnidários (como a hidra) possuem células mioepiteliais, que permitem ao animal executar diversos movimentos para a captura de alimentos ou locomoção. Alguns pólipos movimentam-se por cambalhotas; as medusas, por propulsão a jato.

Nos vertebrados há três tipos de tecidos musculares: tecido estriado esquelético, tecido não estriado e tecido estriado cardíaco (figura 9).

Os **músculos estriados esqueléticos** são os responsáveis por contrações rápidas, realizadas nos movimentos de fuga, por exemplo. Suas células são cilíndricas e longas, possuem muitos núcleos e numerosas estrias transversais.

Os **músculos não estriados** (ou **lisos**) têm contração lenta e executam atividades que não exigem muita rapidez, como a propagação dos alimentos pelo tubo digestório. Suas células são longas, fusiformes e têm extremidades afiladas; seu núcleo é único e central; não há estrias transversais.

No coração dos vertebrados, encontra-se o terceiro tipo: o **músculo estriado cardíaco** (ou **miocárdio**), com células cilíndricas, ramificadas e estriadas, com um ou dois núcleos centrais; entre as células, existem discos intercalares, que aumentam a adesão e facilitam a propagação de impulsos elétricos.



Fotos: a) Science VU/Visuals Unlimited/Corbis/Lainstock; b) Dr. Arthur Siegelman/Visuals Unlimited/Corbis/Lainstock; c) SPU/Lainstock; Menina) uremar/Shutterstock.com

Como os músculos estriados esqueléticos dos vertebrados estão conectados aos ossos, são também chamados músculos esqueléticos. Músculos não estriados são encontrados nas paredes de órgãos ocos, como o estômago, o intestino, a vesícula biliar e a bexiga urinária, sendo denominados também músculos viscerais.

▶ Contração muscular

A célula muscular também é chamada **fibra muscular** (ou **miócito**), e sua membrana plasmática é o sarcolema (do grego *sarkos*, carne, e *lemma*, casca). O citoplasma (sarco-plasma) contém **miofibrilas**, arranjadas em feixes longitudinais. Cada miofibrila é formada por uma sequência linear de **miômeros** (ou **sarcômeros**, do grego *meris*, parte), constituídos de filamentos das proteínas **actina** e **miosina**, dispostos paralelamente. A actina é formada por filamentos delgados; a miosina apresenta-se como espessos filamentos com extremidades globulares (**figura 10**).

Na célula muscular em repouso, os íons de cálcio estão estocados no retículo endoplasmático (chamado retículo sarcoplasmático). Quando ela é estimulada, íons de cálcio deslocam-se do retículo sarcoplasmático para junto dos miômeros. Na presença de íons de cálcio, os filamentos de miosina adquirem atividade enzimática e hidrolisam moléculas de ATP, liberando energia.



Com a energia liberada, as extremidades globulares dos filamentos de miosina prendem-se aos locais de ancoragem nos filamentos de actina. Os filamentos de actina e de miosina passam a deslizar uns sobre os outros, resultando no encurtamento dos miômeros.

Na fase de relaxamento, os íons de cálcio são devolvidos ativamente para o retículo sarcoplasmático. Portanto, a célula muscular gasta ATP também para relaxar.

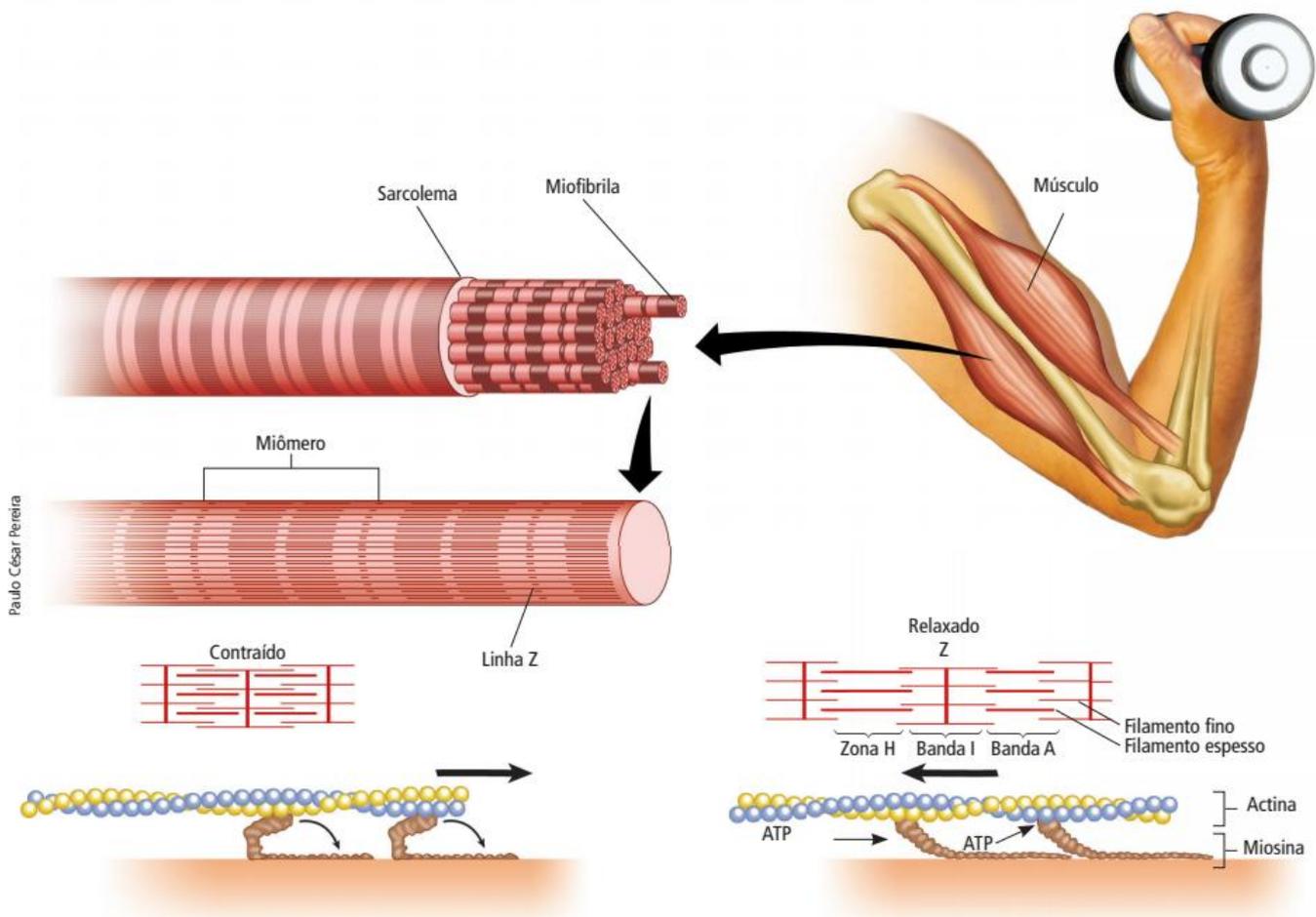


Figura 10. O padrão estriado do miômero repete-se em toda a extensão das miofibrilas, conferindo às células musculares aspecto estriado típico, que reflete a distribuição de actina e miosina. As linhas Z delimitam o miômero e servem como pontos de ancoragem para os filamentos de actina. Na banda A, ocorre sobreposição dos filamentos de actina e miosina; na banda I, não há sobreposição. A zona H, posicionada no centro da banda A, contém somente filamentos de miosina. Durante a contração, ocorre deslizamento entre os filamentos de actina e os de miosina. Todos os miômeros de uma miofibrila se encurtam simultaneamente e, como isso ocorre em todas as miofibrilas da célula, seu comprimento diminui, caracterizando a contração muscular. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

▶ Energia para a contração muscular

A célula muscular tem grande quantidade de mitocôndrias e reserva energética própria de glicogênio. Conta ainda com um reservatório intracelular de oxigênio: as moléculas de **mioglobina**, semelhantes às da hemoglobina.

A célula muscular não armazena o ATP produzido em excesso durante o repouso. As moléculas de ATP são instáveis e rompem-se rápida e espontaneamente. A célula muscular, então, estoca fosfato rico em energia como **fosfocreatina**, produzida nos momentos de repouso a partir de creatina e moléculas de ATP, geradas na respiração celular aeróbia.



Durante períodos de atividade, a célula muscular consome a fosfocreatina armazenada durante o repouso e gera o ATP usado na contração. Ao mesmo tempo, o ATP que está sendo produzido na respiração celular aeróbia não é convertido em fosfocreatina, mas imediatamente consumido.



À medida que diminuem os estoques de fosfocreatina e aumenta a demanda do ATP gerado na respiração celular aeróbia, ocorre maior produção de gás carbônico, cuja concentração no sangue se eleva, aumentando a frequência e a amplitude dos movimentos respiratórios.

Durante atividade intensa, a célula muscular recebe oferta insuficiente de oxigênio, e parte das moléculas de ácido pirúvico resultantes da glicólise é convertida em ácido láctico, parcialmente removido do músculo pelo sangue. No fígado, o ácido láctico é reconvertido em glicose (**figura 11**).

Quando o oxigênio se torna disponível, o ácido láctico acumulado é usado para reconstituir glicogênio. A quantidade de oxigênio necessária para a remoção do ácido láctico é o débito de oxigênio, parcialmente repostos logo no fim da atividade física (**figura 12**).

A possibilidade de estabelecer um débito de oxigênio é vital: durante situações de urgência, como para fugir de um predador ou para alcançar uma presa, os músculos podem executar contrações rápidas e vigorosas, independentemente de a oferta de oxigênio ser ou não suficiente. Cessada a atividade, o débito é saldado. O acúmulo de ácido láctico nos músculos pode gerar manifestações desconfortáveis, como fadiga, dores musculares e câibras.

Alterações das concentrações sanguíneas de certos íons, como o de potássio, o de sódio e o de cálcio, também provocam câibras. As câibras noturnas, frequentes em mulheres grávidas, não têm causa bem definida. Parece que resultam da deposição de resíduos metabólicos tóxicos nos músculos.

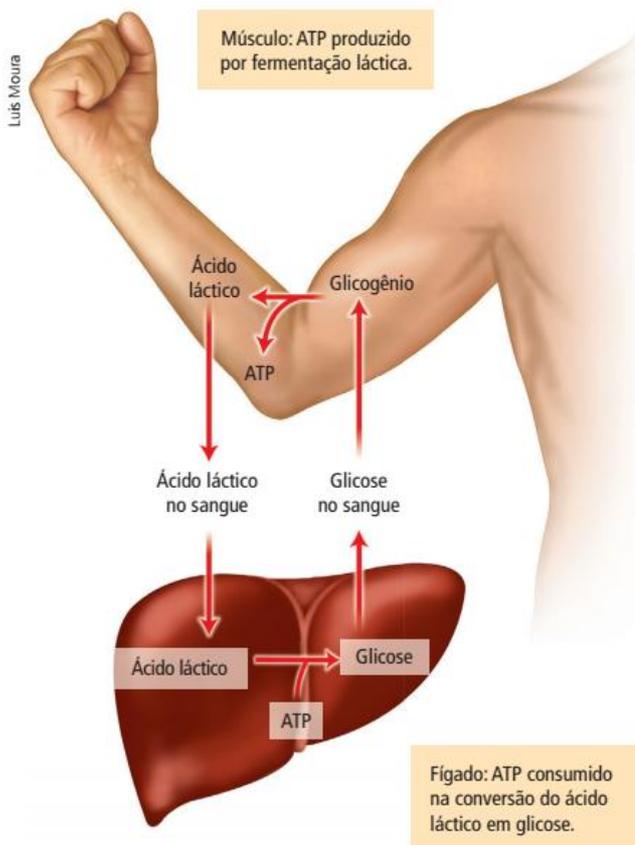


Figura 11. A re conversão do ácido láctico em glicose é um exemplo de associação funcional entre dois órgãos: o fígado e o músculo estriado esquelético. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)



Figura 12. Ao terminar uma corrida, a frequência respiratória permanece elevada por alguns instantes. Nesse período, está sendo "quitado" o débito de oxigênio gerado durante a corrida.

▶ Biomecânica da contração

Por meio do aparelho conhecido por **quimógrafo** (figura 13), podem-se registrar as contrações musculares obtidas quando se aplicam estímulos elétricos sobre um músculo ou sobre uma célula muscular isolada.

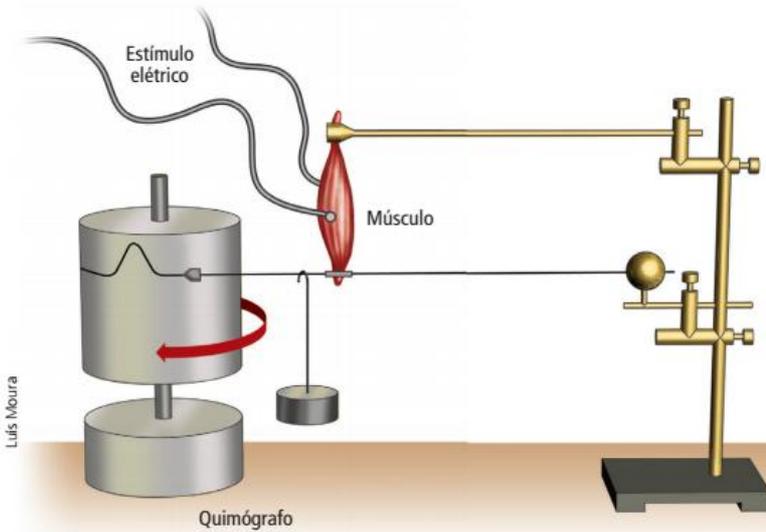


Figura 13. A cada contração obtida, o marcador é tracionado para cima, deixando uma marca no papel preso no cilindro giratório. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

Tomemos uma célula muscular isolada, submetida a estímulos elétricos de intensidades crescentes. Se o estímulo aplicado for de baixa intensidade, a célula não se contrairá. A menor intensidade de estímulo suficiente para desencadear a contração de uma célula muscular isolada chama-se **limiar de excitação**. Aumentos subsequentes da intensidade do estímulo não são acompanhados por aumento da intensidade da contração (figura 14a). Portanto, uma célula muscular isolada obedece à **lei do tudo ou nada**.

Um músculo inteiro, submetido a estímulos progressivamente mais intensos, aumenta gradativamente a amplitude das contrações, diferentemente do que acontece com uma célula muscular isolada. O músculo inteiro não obedece à lei do tudo ou nada. Se poucas células se contraírem, a contração do músculo será pouco intensa; entretanto, se mais e mais células se contraírem, a contração do músculo se tornará progressivamente mais intensa (figura 14b). O que aumenta a intensidade da contração é a quantidade de células que se contraem.

Essa capacidade de o músculo modular a intensidade de sua contração chama-se **somação espacial** (ou **recrutamento**). A diferença entre levantar uma caixa vazia e levantar essa mesma caixa cheia, por exemplo, não está na contração de uma célula, mas na quantidade de células "recrutadas" para executar tal atividade. A partir de determinado ponto, os aumentos da intensidade dos estímulos não são acompanhados por aumentos correspondentes da intensidade das contrações, pois todas as células já estarão se contraindo.

Se, antes de completar o relaxamento, uma célula muscular receber outro estímulo, ela se contrairá novamente, fenômeno que se chama **somação temporal**. Se os estímulos forem tão frequentes a ponto de a célula não ter tempo de iniciar o relaxamento, ela permanecerá contraída (figura 15). A tetania acontece, por exemplo, quando mantemos os braços abertos, elevados até a altura dos ombros. Permanecendo nessa posição, uma pessoa está enviando estímulos tão frequentes ao músculo deltoide que ele não se relaxa. Depois de alguns minutos, sobrevém a fadiga muscular (a sensação de cansaço), e a pessoa torna-se incapaz de

Resposta do músculo a estímulos ininterruptos manter a contração por mais tempo.

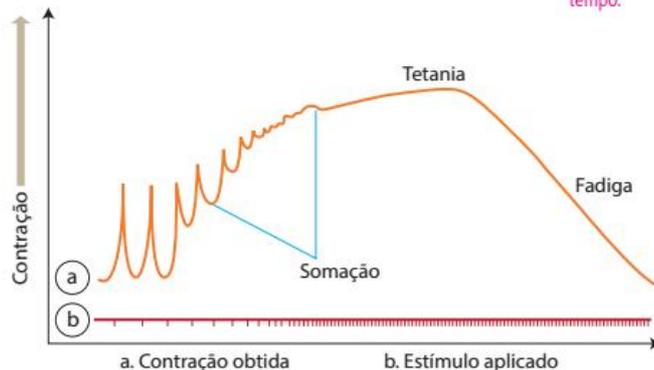


Figura 15. A contração persistente chama-se **tetania**, que se mantém até cessar o estímulo ou até que o músculo entre em fadiga.

Intensidade da contração e intensidade do estímulo em célula muscular isolada



Intensidade da contração e intensidade do estímulo em músculo



Figura 14. (a) Relação entre a intensidade do estímulo aplicado sobre uma célula muscular e a contração obtida. (b) Relação entre a intensidade do estímulo aplicado sobre um músculo e a contração obtida.

O nascimento da inteligência

Veja o infográfico¹ a seguir, sobre os fatores que influenciam a inteligência dos recém-nascidos.

... E O QUE DEVEM EVITAR

- 1 ESTRESSE DURANTE A GESTAÇÃO**
Esse estado mental da mãe prejudica a formação do córtex pré-frontal (área associada ao raciocínio) do feto
- 2 ESTRESSE E VIOLÊNCIA APÓS O NASCIMENTO**
Estudos apontam uma relação direta entre essas circunstâncias e transtornos mentais e déficits cognitivos
- 3 EXPOSIÇÃO DA MÃE À POLUIÇÃO**
Pesquisas mostram que partículas de poluição atravessam a placenta e causam danos ao sistema nervoso do feto
- 4 CONSUMO DE ÁLCOOL E OUTRAS DROGAS**
Mesmo quantidades pequenas são prejudiciais para um cérebro em formação, apontam especialistas
- 5 DEIXAR A CRIANÇA BRINCAR COM TABLETS, GAMES E SMARTPHONES**
A Associação Americana de Pediatria publicou recentemente uma recomendação nesse sentido. A exposição de crianças menores de 2 anos a esses aparelhos prejudica o desempenho cognitivo em vez de ajudá-lo

O QUE OS PAIS PODEM FAZER...

- 1 SUPLEMENTAÇÃO DE IODO**
É indicada na gestação e após o nascimento. Uma revisão de estudos afirma que a suplementação na mãe aumentou o QI das crianças de 12 a 17 pontos
- 2 SUPLEMENTAÇÃO DE VITAMINA D**
Pesquisadores espanhóis constataram que crianças nascidas de mães com deficiência no composto têm QI significativamente menor do que as nascidas de mulheres com taxas adequadas
- 3 CONTROLAR O PESO ANTES DA GRAVIDEZ**
Segundo trabalho americano, filhos de mulheres obesas apresentam mais chances de manifestar limitações cognitivas. Foi registrada uma diferença de três pontos a menos no QI de crianças de 5 e 7 anos filhas de mulheres obesas
- 4 PRACTICAR ATIVIDADE FÍSICA MODERADAMENTE**
A melhor oxigenação dos tecidos obtida pela mãe também acaba chegando ao feto. É mais um ingrediente para o bom crescimento das estruturas cerebrais
- 5 ELEVAR O CONSUMO DE PROTEÍNA DURANTE A GESTAÇÃO**
Elas são a base para a fabricação dos neurotransmissores, as substâncias que fazem a comunicação entre os neurônios
- 6 CONSUMIR ÔMEGA 3 (NA GESTAÇÃO E NA AMAMENTAÇÃO) E TAMBÉM FORNECÊ-LO À CRIANÇA DURANTE A PRIMEIRA INFÂNCIA**
30% da gordura presente nas membranas da região das sinapses (os pontos de contato entre as células nervosas por meio dos quais são transmitidas as informações de um neurônio a outro) é formada por moléculas de DHA, um tipo de ácido ômega 3. O composto está presente em peixes de água fria (salmão, por exemplo)
- 7 PROLONGAR O ALEITAMENTO**
Pesquisa americana mostra claramente o benefício. Nas crianças de 3 anos, a cada mês adicional de amamentação houve uma média de 0,21 ponto a mais de QI em relação às que não tiveram esse tempo a mais. Nas crianças de 7 anos, a diferença a mais de QI foi de 0,35 no chamado QI verbal (habilidade de expressão oral) e de 0,29 para o QI não verbal
- 8 AUMENTAR O TEMPO DE SONO DURANTE A GESTAÇÃO E TAMBÉM O DO BEBÊ**
O sono da mãe tem impacto no bom desenvolvimento do crescimento do feto, incluindo o cerebral. Para a criança, o sono é importante, entre outras coisas, porque nesse período é consolidado o armazenamento de novas informações
- 9 ESTIMULAR O CONTATO DA CRIANÇA COM ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO**
As brincadeiras permitem o desenvolvimento de habilidades como empatia e estimulam o desenvolvimento motor

Infográfico da revista IstoÉ, de 23 de agosto de 2013.

Atividades

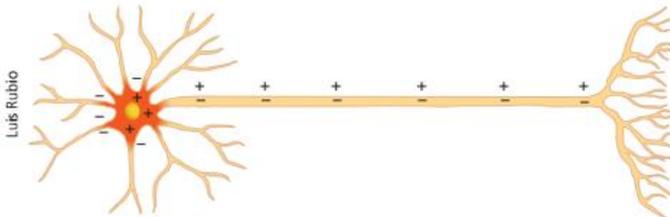
Escreva no caderno

Depois de ler o infográfico, responda:

- De acordo com as informações apresentadas, julgue as afirmações a seguir como verdadeiras (V) ou falsas (F).
 - A suplementação dietética das gestantes com iodo e vitamina D tem mostrado benefícios ao desenvolvimento da inteligência dos bebês.
 - Evitar a obesidade e praticar atividades físicas regulares têm efeito positivo sobre a cognição das crianças.
 - Tanto o tempo de sono da gestante quanto o tempo do aleitamento materno parecem ser benéficos para a inteligência dos recém-nascidos.
 - Durante a gestação, devem ser evitados os poluentes ambientais, o álcool e as drogas.
 - A exposição da gestante ao estresse tem impactos negativos sobre a cognição das crianças. I-V; II-V; III-V; IV-V; V-V.
- Qual tem sido a recomendação da Associação Americana de Pediatria quanto ao uso de *tablets*, *smartphones* e jogos eletrônicos pelas crianças?

¹ OLIVEIRA, M.; AQUINO, W. O nascimento da inteligência. IstoÉ, edição 2284, 23 ago. 2013.

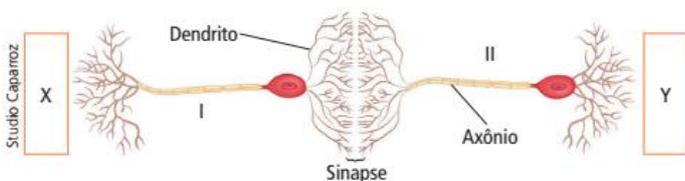
1. Os neurônios são células nervosas que têm a propriedade de receber e transmitir estímulos provenientes do meio. São formados por um corpo celular, de onde partem os prolongamentos denominados de axônio e dendritos. A figura abaixo representa a membrana do axônio que, em repouso, apresenta carga elétrica positiva do lado externo e negativa do lado interno.



Com base nessas informações, responda:

- O que mantém a diferença de carga elétrica entre as partes interna e externa da membrana do axônio?
 - O que acontece com as cargas elétricas quando da transmissão de um impulso nervoso? Por quê?
 - Qual é o sentido de propagação de um impulso na célula nervosa?
2. Podemos comparar a resposta de um neurônio aos estímulos ao interruptor de uma lâmpada elétrica: acionado, a lâmpada acende e o faz sempre com a mesma intensidade. Da mesma forma, uma vez que a intensidade do estímulo ao neurônio seja suficiente, o potencial de ação desencadeado terá sempre a mesma intensidade — é o que os fisiologistas chamam de “lei do tudo ou nada”. Esboce o gráfico que representa esse comportamento, colocando, no eixo das abscissas, a intensidade do estímulo aplicado e, no eixo das ordenadas, o potencial de ação desencadeado.

3. (Fuvest-SP) O esquema representa dois neurônios contíguos (I e II), no corpo de um animal, e sua posição em relação a duas estruturas corporais identificadas por X e Y.

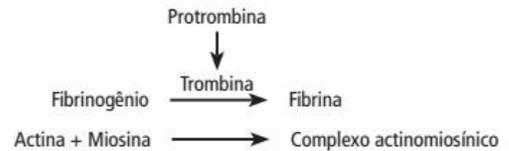


- Tomando-se as estruturas X e Y como referência, em que sentido se propagam os impulsos nervosos através dos neurônios I e II?
 - Considerando-se que, na sinapse mostrada, não há contato físico entre os dois neurônios, o que permite a transmissão do impulso nervoso entre eles?
 - Explique o mecanismo que garante a transmissão unidirecional do impulso nervoso na sinapse.
4. (UFV-MG) Com relação ao sistema nervoso humano, resolva os seguintes itens:
- Além dos neurônios, o tecido nervoso apresenta outras células fundamentais para o seu funcionamento. Como se denominam, em conjunto, essas células?
 - Na sinapse nervosa, a transmissão do impulso ocorre pela liberação de mediadores químicos. Cite dois exemplos desses mediadores.

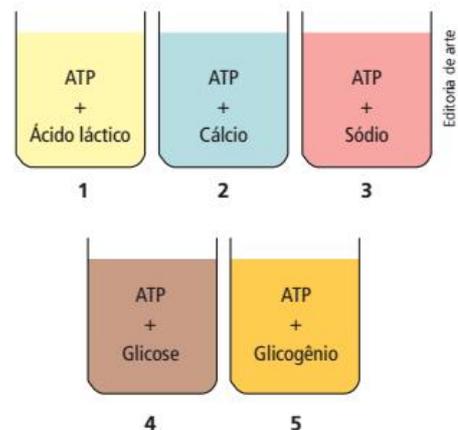
5. O tecido muscular movimenta o corpo todo e partes dele. Suas células apresentam como característica a capacidade de contração, com propriedades distintas, dependendo do tipo de tecido a que pertencem.

- Quais são os três tipos de tecido muscular?
- Explique, a partir das diferenças entre as células, como se dá a contração em cada um dos tipos de tecidos musculares.

6. (PUC-SP) Os esquemas representam as reações básicas de dois importantes mecanismos fisiológicos:



- Quais são esses dois processos fisiológicos?
 - Ambos têm, em comum, dependência de um íon inorgânico. Qual é esse íon?
7. (UERJ) Com o objetivo de demonstrar em laboratório a importância de certos fatores no processo de contração da célula muscular estriada, um pesquisador colocou células musculares em recipientes com solução fisiológica à qual diferentes fatores foram adicionados, conforme está representado no esquema.



Em qual recipiente se observou a contração muscular? Por quê?

8. (Unicamp-SP) Ciência ajuda natação a evoluir. Com esse título, uma reportagem do jornal **O Estado de S. Paulo** sobre os Jogos Olímpicos informa que “Os técnicos brasileiros cobiçam a estrutura dos australianos: a comissão médica tem seis fisioterapeutas, nenhum atleta deixa a piscina sem levar um furo na orelha para o teste do lactato e a Olimpíada virou um laboratório para estudos biomecânicos — tudo que é filmado embaixo da água vira análise de movimento”.

- O teste utilizado avalia a quantidade de ácido láctico nos atletas após um período de exercícios. Por que se forma ácido láctico após exercício intenso?
- O movimento é a principal função do músculo estriado esquelético. Explique o mecanismo de contração da fibra muscular estriada.

Direito de decidir, direito de viver

Contra microcefalia, Nações Unidas pedem liberação do aborto na América Latina

Em uma declaração sobre o impacto da crise [associada à epidemia de zika e microcefalia] para os direitos das mulheres, o Alto Comissário de Direitos Humanos das Nações Unidas, Zeid Al Hussein, apelou a países afetados pelo vírus que permitam que mulheres tenham acesso a métodos contraceptivos e ao aborto. Para a ONU, governos não podem simplesmente pedir que as mulheres não engravidem, sem garantir o acesso aos serviços adequados. “Como é que essas mulheres podem não engravidar e, ao mesmo tempo, sem contar com a possibilidade de interromper a gravidez?”, questionou a porta-voz da ONU para Direitos Humanos, Cecile Pouilly.

[...] membros da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicaram que os técnicos estão fazendo um levantamento sobre o impacto da microcefalia em leis de aborto. Mas, por enquanto, a entidade se recusa a adotar uma postura sobre o assunto. A OMS ainda vem alertando que não cabe a um governo sugerir que uma mulher engravide ou não, diante da presença de um mosquito.

Mas o segmento de direitos humanos da ONU decidiu se pronunciar. Para Zeid, o apelo dos governos pelo adiamento de gravidez “pouco significa” em países com acesso restrito aos serviços de saúde, aborto ou preservativos. “Leis e políticas que restringem o acesso às mulheres para esses serviços (aborto e contraceptivos) precisam ser urgentemente revistas.”

NETTO, A. et al. Contra microcefalia, Nações Unidas pedem liberação do aborto na América Latina. *O Estado de S. Paulo*, 5 fev. 2016. Disponível em: <<http://saude.estadao.com.br/noticias/geral,contra-microcefalia-onu-recomenda-liberar-aborto-na-america-latina,10000015136>>. Acesso em: maio 2016.

Diversas armadilhas se colocam diante de quem pretende ser “historiador do presente”. No calor do momento, enquanto os fatos ainda estão acontecendo, um manto de incertezas pode ofuscar o cenário e dificultar a compreensão da realidade, que só se tornará nítida depois de dias, anos ou até séculos. Por exemplo: os parisienses que acompanharam a queda da Bastilha tinham a exata noção da ruptura histórica que estavam presenciando?

Sob certa medida, é o que acontece em meio a um surto de uma doença pouco conhecida, sobre a qual pairam dúvidas sobre a prevenção, o tratamento e as possíveis complicações. Hoje, a peste bubônica (século XIV) e a gripe espanhola (século XX) ocupam as páginas dos livros de História; todavia, enquanto se alastravam, compunham cenas trágicas do cotidiano.

A partir do primeiro semestre de 2015, alastrou-se por diversos estados brasileiros a zika, uma infecção assintomática (em cerca de 80% das pessoas infectadas) ou com manifestações semelhantes à da dengue (febre, cefaleia, dores articulares e musculares, vermelhidão e coceira na pele). Seu agente causador é um vírus transmitido pela picada do mosquito *Aedes aegypti*, o mesmo que propaga também a dengue, a febre amarela e a febre chikungunya.

Alguns meses depois do início do surto, nas mesmas áreas do país afetadas pela zika, as estatísticas evidenciaram aumento do número de casos da síndrome de Guillain Barré (que afeta o sistema nervoso e provoca fraqueza muscular) e de microcefalia, malformação fetal caracterizada pela redução do perímetro craniano e, na maioria dos casos, acompanhada por alterações do desenvolvimento do cérebro e retardo do desenvolvimento neuropsicomotor. Pelo que se sabe hoje, embora exista correlação estatística entre zika e microcefalia, ainda não se pode afirmar, com absoluta certeza, que o vírus seja o causador — ou, pelo menos, o único causador — da microcefalia.

A Organização Mundial da Saúde fala em possíveis testes clínicos de vacina contra a zika a partir de 2018.

De uma infecção pouco expressiva do ponto de vista clínico, a zika tornou-se motivo de preocupação, principalmente entre as gestantes, tendo algumas autoridades de saúde recomendado que as moradoras de áreas com maior incidência da infecção evitassem engravidar.

Como ainda não existe vacina ou tratamento específico contra o vírus, o remédio é a prevenção, que consiste no uso de repelentes e de roupas longas e claras (que exponham o menos possível a superfície corporal) e no combate ao mosquito e aos criadouros.

Gestantes que contraem o vírus têm sido orientadas a realizar exames ultrassonográficos com maior frequência durante a gravidez, para acompanhamento do desenvolvimento encefálico do feto. Entretanto, muitos casos de microcefalia são detectados em etapas já avançadas da gestação (geralmente, a partir da 20ª ou da 24ª semana).

O que fazer caso esses exames constatem a microcefalia? No Brasil, há permissão legal para o aborto em casos específicos: gestação resultante de estupro, gestação que coloca em risco a vida da mulher e nos casos de anencefalia (ausência ou anomalia grave de desenvolvimento do encéfalo ou de parte dele, caso a malformação seja incompatível com a vida fora do útero).

Na maioria dos casos, a microcefalia não é incompatível com a vida, o que torna improvável a autorização legal para o aborto nesses casos. No entanto, mulheres que contraem zika, mesmo sem a comprovação ultrassonográfica da microcefalia, estão optando por um procedimento que suscita questões legais, morais e éticas: o “abortamento preventivo”.

Sobre o tema, leia os dois textos a seguir.

Texto 1

Zika, microcefalia e aborto?

Nunca se falou tanto em mosquito! E não é por nada, pois o bichinho não só é capaz de fazer musiquinha chata no ouvido na hora que a gente quer dormir, mas pode causar uma série de problemas à saúde, transmitindo vírus causadores de doenças perigosas, como febre amarela, dengue, chikungunya e zika.

Sua carga viral pode causar danos irreparáveis à saúde dos bebês por nascer. Mesmo sem haver ainda uma comprovação científica cabal até este momento, tudo indica que o vírus zika, transmitido pelo pernilongo pintadinho, chamado com o nome erudito de *Aedes aegypti*, é causador da microcefalia nos fetos e crianças em gestação.

A preocupação é grande no Brasil e no mundo inteiro. Não se pode vacilar e, além de usar proteções diversas para não ser picado pelo mosquito, é preciso lutar para acabar com ele. Nessa guerra contra o inimigo público comum, ninguém está dispensado: nada de água parada descoberta, pois é lá que ele bota os ovos e multiplica sua força de ataque virulenta. Vasos de flor, frascos, pneus velhos ou quaisquer recipientes de água deixados por aí, até as belas bromélias e outras flores, podem virar criadouros do mosquito.

[...]

Como era de se esperar, o aumento dos casos de microcefalia nesses tempos de zika reanimou os defensores da “descriminalização” do aborto: querem aproveitar a psicose geral para conseguir a aprovação do Congresso Nacional, ou pelo casuismo no Supremo Tribunal Federal, de mais um caso de “aborto



Nas últimas décadas, medidas de controle não têm impedido a proliferação do *Aedes aegypti* (1 cm de comprimento), transmissor de importantes doenças humanas.

CDC/SPIE/asyphk

legal". Até uma autoridade da Organização Mundial da Saúde, da ONU, recomendou com ênfase que os países onde há o vírus zika devem descriminalizar o aborto.

[...]

Afinal, por quais motivos, tanta insistência no aborto neste momento? Não é o caso de insistir muito mais no combate ao mosquito e na pesquisa científica, em vista de uma vacina eficaz contra os efeitos do vírus? Por que os fetos e bebês por nascer têm de ser as vítimas do zika e também da sociedade, que não quer saber de indivíduos com defeitos ou deficiências? Que cálculos são esses, que levam logo à petição da pena de morte para esses nascituros, já prejudicados pela natureza impiedosa?

[...] De fato, a lógica parece simples para quem luta pelo aborto nesses casos: serão seres com baixa capacidade intelectual e renderão pouco para a sociedade; serão pesados a ela e não serão capazes de competir e se afirmar num mundo exigente, que despreza os fracos. Enfim, não serão "vidas viáveis" para eles próprios, nem adequados às expectativas de futuro para a sociedade. Haveria outros motivos mais convincentes para decidir pela supressão de seres humanos, antes mesmo de nascerem?

A pressão pela legalização do aborto de seres humanos com deficiência é contrária à misericórdia: quer resolver o sofrimento e o desconforto, suprimindo o ser humano que, sem culpa sua, possa ser o motivo do desconforto. [...] Aborto de crianças com microcefalia está em aberto contraste com a misericórdia. De que lado ficamos?

Cardeal Odilo Pedro Scherer, Arcebispo de São Paulo. Zika, microcefalia e aborto? Publicado no jornal *O São Paulo* da Arquidiocese de São Paulo, ed. nº 3088, 11/02/2016. p. 3.

Texto 2

Zika e microcefalia: é hora de legalizar o aborto

A epidemia de Zika vírus não tem solução. A epidemia de microcefalia tem uma só. É aborto. A mulher que quiser certeza de que não terá um filho com microcefalia precisa interromper a gravidez. Classe social não pode ser empecilho. Não é mais questão polêmica. É questão de saúde pública.

Os argumentos contra a legalização do aborto não se sustentam. Usar o aborto para evitar ter um filho microcefalo não é "eugenia". Eugenia é quando o Estado privilegia determinadas características genéticas, em detrimento de outras. É a Alemanha nazista matando judeus e ciganos, esterilizando cegos, homossexuais, esquizofrênicos. No Brasil estamos falando do exato contrário. [...] Políticas eugênicas são sempre um cerceamento da liberdade. Aborto legal no Brasil, ao contrário, será mais liberdade.

O argumento de que "toda vida é sagrada" não tem nexos. "Sagrado" é um termo sem significado jurídico. Pessoas diferentes entendem que coisas diferentes são "sagradas". O pecado de um é virtude para outro. Fé pode ser um impeditivo para a mãe; se ela preferir seguir com a gravidez, porque é o que sua religião prega, tem todo direito de fazer isso. O que importa em uma sociedade diversa, democrática, não teocrática, é a lei. A lei brasileira já rejeitou o argumento de que interromper gravidez é "tirar uma vida". Surpresa: o aborto já é permitido no Brasil. Hoje, só em dois casos. Quando a gravidez coloca em risco a vida da mulher. E quando a gravidez é resultado de um estupro. Mesmo

que os fetos sejam perfeitamente viáveis, veja bem. É direito legal da mulher interromper a gravidez. A lei aceita, por enquanto só nesses dois casos, e a mulher não está cometendo nenhum crime.

Mais que isso: nesses casos, o Estado tem o dever de fornecer o auxílio necessário para amparar as mulheres que optarem por abortar. [...]

Pergunta: se uma brasileira pode abortar com o apoio do Estado, caso corra risco de vida, ou caso tenha sido estuprada, porque ela não pode abortar em outras situações? O Estado tem o direito de obrigar uma mãe a ter um filho microcefalo? A resposta é não. É uma imposição imoral – que deve também ser ilegal. Quem quiser se arriscar a ter um filho microcefalo, que faça isso. Quem não quiser correr riscos, que tenha todo apoio para interromper a gravidez.

O aborto já deveria ter sido legalizado no Brasil há muito tempo, como já é em todos os países ricos e educados. Mas no Brasil só os ricos e educados fazem aborto em caso de suspeita de microcefalia, porque custa os olhos da cara. Reportagens têm relatado casos em que mulheres da classe alta pagam até R\$ 15.000,00 para interromper a gravidez, como prevenção. A epidemia de Zika escancarou a necessidade desse direito ser estendido a mulheres de todas as classes sociais.

[...]

No pouco tempo desde que a Zika explodiu no Brasil, já passamos de 4.200 casos de bebês microcefalos. Em dez anos serão quantos? Quarenta, cinquenta mil? Milhões? E no mundo?

Mesmo com o aborto legalizado, muitas mães decidirão ter seus filhos mesmo assim. Que tenham o apoio financeiro necessário do poder público. Que essas famílias saibam cuidar dessas crianças e conviver com suas decisões. Terão direito ao BPC, o Benefício de Proteção Continuada, que garante um salário mínimo mensal a pessoas com deficiência que não tenham meios para se sustentar nem podem ser sustentadas pela família, independente da idade. Um salário mínimo não dá para nada, para quem tem um filho nessa situação, muitos sem controlar movimento, sem ver, com espasmos, com problemas cognitivos terríveis.

Se essas famílias processarem o Estado por crime de responsabilidade podem perfeitamente ganhar indenizações bem grandes. É o certo. O *Aedes Aegypti* se propaga por responsabilidade do poder público. O Zika é obra da natureza mas essa epidemia não é natural. É obra do poder público brasileiro. É negligência.

É o Estado que nega saneamento e serviços de saúde decentes à maioria dos brasileiros. Foi o governo de Fernando Henrique Cardoso que abriu mão de combater o *Aedes Aegypti* em 1998, quando José Serra transferiu essa responsabilidade para os municípios. [...]

Mas antes de mais nada é preciso estender às mulheres pobres o direito ao aborto, que as mulheres mais ricas já têm. As fotos não mentem: a maioria das mulheres que enfrenta esse pesadelo é de jovens, negras, pobres. O Estado tem grande responsabilidade por essa crise. O Estado não tem direito de obrigar essas brasileiras a terem filhos microcefalos. Essa decisão é delas. Legalizar o aborto é fazer justiça.

FORASTIERI, A. Zika e microcefalia: é hora de legalizar o aborto. *Portal R7*, 1ª fev. 2016. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/blogs/andre-forastieri/2016/02/01/zika-e-microcefalia-e-hora-de-legalizar-o-aborto/>>. Acesso em: abr. 2016.

Depois da leitura dos textos, faça o que se pede:

Escreva
no caderno

1. Aponte a ideia central e os principais argumentos de cada um.
2. Os textos expressam opiniões convergentes ou antagônicas? Localize palavras e/ou frases que expressam convergência ou oposição.
3. Qual é sua opinião a respeito?
4. Discuta as opiniões dos autores e a sua própria opinião, confrontando-as com a dos seus colegas.

- Nos seres unicelulares, a célula é o próprio organismo e, como tal, exibe estruturas e funções capazes de mantê-lo vivo. Os organismos pluricelulares são seres estruturalmente mais complexos e organizados em tecidos e órgãos, os quais possuem células geneticamente idênticas entre si, mas capazes de executar todas as atividades necessárias à manutenção da vida. Discuta as vantagens trazidas pela pluricelularidade.
- (Fuvest-SP) Em um organismo, células musculares e células nervosas diferem principalmente por:
 - possuírem genes diferentes.
 - possuírem ribossomos diferentes.
 - possuírem cromossomos diferentes.
 - d)** expressarem genes diferentes.
 - utilizarem código genético diferente.

Texto de referência para as questões 3 e 4.

A pele humana é sensível à radiação solar, e essa sensibilidade depende das características da pele. Os filtros solares são produtos que podem ser aplicados sobre a pele para protegê-la da radiação solar. A eficácia dos filtros solares é definida pelo fator de proteção solar (FPS), que indica quantas vezes o tempo de exposição ao sol, sem o risco de vermelhidão, pode ser aumentado com o uso do protetor solar. A tabela seguinte reúne informações encontradas em rótulos de filtros solares.

Sensibilidade	Tipo de pele e outras características	Proteção recomendada	FPS recomendado	Proteção a queimaduras
Extremamente sensível	Branca, olhos e cabelos claros	Muito alta	$FPS \geq 20$	Muito alta
Muito sensível	Branca, olhos e cabelos próximos do claro	Alta	$12 \leq FPS < 20$	Alta
Sensível	Morena ou amarela	Moderada	$6 \leq FPS < 12$	Moderada
Pouco sensível	Negra	Baixa	$2 \leq FPS < 6$	Baixa

ProTeste, ano V, nº 55, fev./2007 (com adaptações).

- (Enem/MEC) As informações acima permitem afirmar que:
 - as pessoas de pele muito sensível, ao usarem filtro solar, estarão isentas do risco de queimaduras.
 - b)** o uso de filtro solar é recomendado para todos os tipos de pele exposta à radiação solar.
 - as pessoas de pele sensível devem expor-se 6 minutos ao sol antes de aplicarem o filtro solar.
 - pessoas de pele amarela, usando ou não filtro solar, devem expor-se ao sol por menos tempo que pessoas de pele morena.
 - o período recomendado para que pessoas de pele negra se exponham ao sol é de 2 a 6 horas diárias.
- (Enem/MEC) Uma família de europeus escolheu as praias do Nordeste para uma temporada de férias. Fazem parte da família um garoto de 4 anos de idade, que se recupera de icterícia, e um bebê de 1 ano de idade, ambos loiros de olhos azuis.

Os pais concordam que os meninos devem usar chapéu durante os passeios na praia. Entretanto, divergem quanto ao uso do filtro solar. Na opinião do pai, o bebê deve usar filtro solar com $FPS \geq 20$ e o seu irmão não deve usar filtro algum porque precisa tomar sol para se fortalecer. A mãe opina que os dois meninos devem usar filtro solar com $FPS \geq 20$. Na situação apresentada, comparada à opinião da mãe, a opinião do pai é:

- correta, porque ele sugere que a família use chapéu durante todo o passeio na praia.
 - correta, porque o bebê loiro de olhos azuis tem a pele mais sensível que a de seu irmão.
 - correta, porque o filtro solar com $FPS \geq 20$ bloqueia o efeito benéfico do sol na recuperação da icterícia.
 - incorreta, porque o uso do filtro solar com $FPS \geq 20$, com eficiência moderada, evita queimaduras na pele.
 - e)** incorreta, porque é recomendado que pessoas com olhos e cabelos claros usem filtro solar com $FPS \geq 20$.
- (UEG-GO) Os tecidos conjuntivos desempenham diversas funções importantes nos vertebrados, como nos seres humanos.
 - Cite pelo menos três características histológicas do tecido conjuntivo.
 - Cite pelo menos três funções desempenhadas pelos tecidos conjuntivos.
 - Cite três exemplos de tecidos conjuntivos encontrados nos seres humanos.
 - (Vunesp-SP) Em uma criança foi constatada, por meio de exames, anemia provocada por deficiência alimentar. O médico receitou medicamentos à base de ferro. Com base nessas informações, responda:
 - Que tipo de anemia poderia ter essa criança?
 - Qual é a importância do ferro no processo em questão?
 - (UFF-RJ) O quadro informa a percentagem de oxi-hemoglobina presente no sangue de dois diferentes animais — X e Y — segundo a pressão parcial de oxigênio.

Pressão parcial de oxigênio (mmHg)	Oxi-hemoglobina (%)	
	Animal X	Animal Y
20	30	70
30	50	80
50	80	100
100	95	100

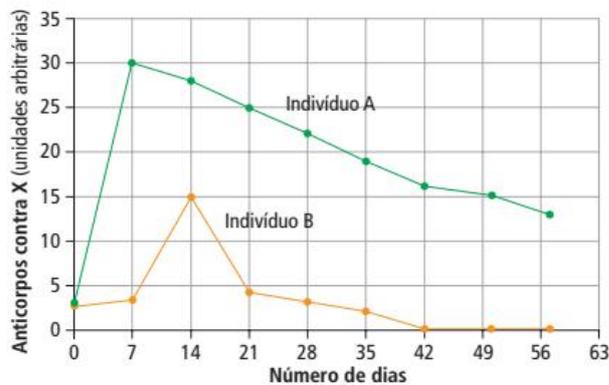
Qual desses dois animais melhor se adapta a altitudes elevadas? Justifique a resposta.

- (Efoa-MG) A hemofilia é doença hereditária, que apresenta quadro com dificuldade de coagulação do sangue. Pergunta-se:
 - Quais elementos sanguíneos estão envolvidos na coagulação do sangue?
 - Em linhas gerais, como ocorre a coagulação do sangue?

9. (Unicamp-SP) Quando há um ferimento na pele, bactérias podem penetrar no local e causar infecção.

- Que células irão se dirigir ao local para combater as bactérias invasoras?
- Explique o processo pelo qual as bactérias serão eliminadas.
- A que se deve a formação de pus no ferimento?

10. (UFRJ) As curvas abaixo mostram a produção de anticorpos específicos de dois indivíduos inoculados com antígenos proteicos do vírus X no dia 0. Com base nas respostas de cada um deles ao antígeno, suspeitou-se de que um dos indivíduos fosse originário de uma região onde a infecção pelo vírus X atinge grande número de indivíduos. Qual dos dois indivíduos é originário da região com alta incidência do vírus X? Justifique.



11. A alergia é uma hipersensibilidade desenvolvida em relação a determinadas substâncias — denominadas alérgenos — reconhecidas por um tipo especial de anticorpo. A reação alérgica ocorre quando as moléculas do alérgeno:

- desencadeiam, nos gânglios linfáticos (linfonodos), uma grande proliferação de linfócitos específicos.
- ligam-se a moléculas do anticorpo presas à membrana dos mastócitos, que reagem liberando histamina.
- ligam-se aos anticorpos e migram para os órgãos imunitários primários, onde são destruídas.
- são fagocitadas pelos mastócitos e estimulam a fabricação das interleucinas.
- são reconhecidas pelas células de memória, que se reproduzem e fabricam grande quantidade de histamina.

12. (UFPE) O HIV é o vírus responsável pela doença conhecida como aids (ou sida), que causa diminuição da imunidade por redução do número de linfócitos T. A esse respeito, julgue [V ou F] as afirmativas. I - V; II - V; III - F; IV - V; V - F.

- Mães portadoras do HIV não devem amamentar seus filhos, pois essa é uma das formas de transmissão do vírus.
- O uso de preservativos (camisinha) é um meio eficaz para evitar a transmissão do HIV (e outras doenças) através de relações sexuais.
- O fato de o HIV ser bastante mutagênico facilitará o desenvolvimento de vacinas em curto prazo.
- O indivíduo infectado com o HIV pode permanecer meses sem desenvolver manifestações e apresentar re-

sultados negativos nos testes habituais para diagnóstico da doença.

V. O período de incubação da doença é de um a três meses e, nesse período, o indivíduo não transmite o vírus.

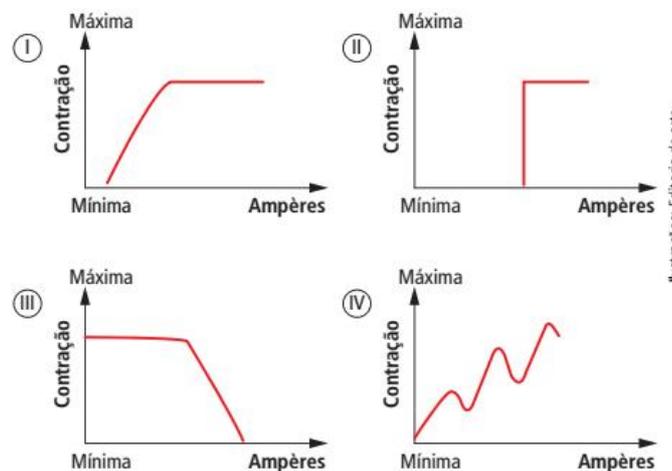
13. (EEM-SP) A nicotina do cigarro substitui, em parte, a acetilcolina, um neurotransmissor cerebral que excita os neurônios. O cérebro passa, então, a produzir menos acetilcolina, ajustando-se, assim, ao fumo. Quando o fumante interrompe o hábito, sente sonolência e “fome de cigarro”, até que a produção de acetilcolina volte ao normal.

- Quais as partes que constituem um neurônio?
- Como o estímulo nervoso passa ao longo do neurônio?
- Onde atuam os neurotransmissores?

14. (Unicamp-SP) Considere alguns tipos celulares diferenciados do corpo humano: neurônio, célula muscular, espermatozoide, célula caliciforme e célula epitelial. Escolha três deles e indique, para cada um, uma característica estrutural importante, relacionando-a à sua função.

15. Um miócito (ou fibra muscular) individualizado, ao ser estimulado eletricamente, apresenta uma resposta do tipo “tudo ou nada”. Já um músculo inteiro mostra um aumento gradual na contração, à medida que aumenta a intensidade do estímulo.

- Dos gráficos a seguir, quais representam, respectivamente, o que se disse sobre as contrações do miócito isolado e do músculo inteiro?



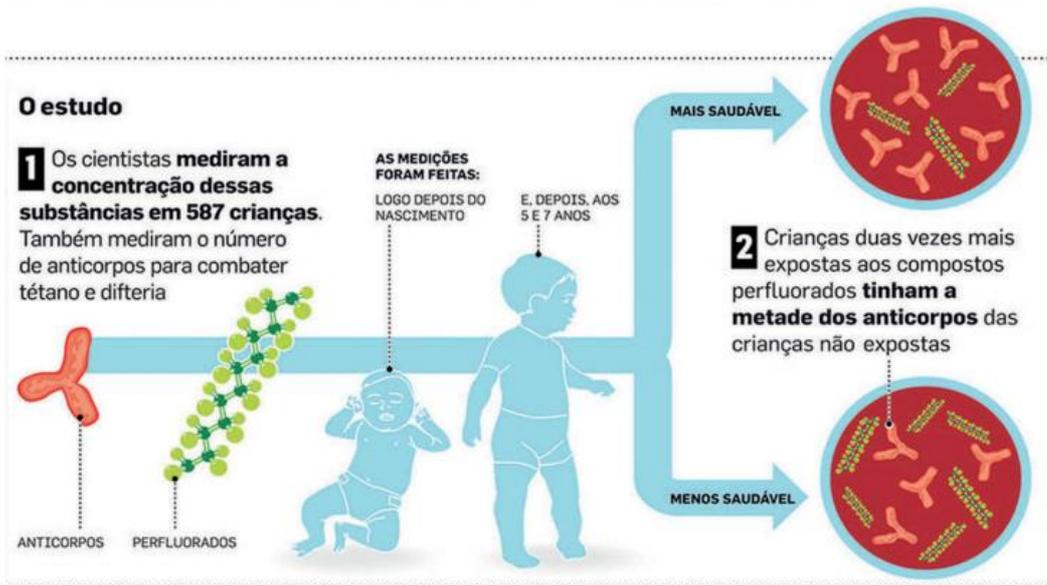
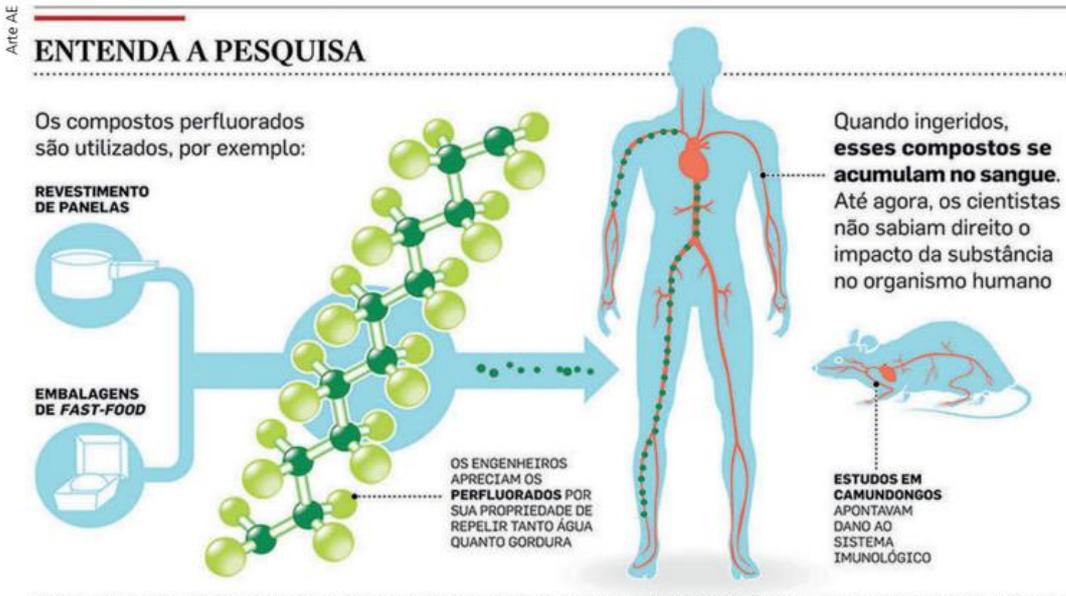
b) “Se, em vez de levantarmos uma mala vazia, levantarmos uma mala cheia, cada célula muscular realizará uma contração mais vigorosa.” Essa afirmativa é falsa ou verdadeira? Justifique.

16. (Unicamp-SP) Após a realização de esforço muscular intenso, a musculatura pode ficar dolorida e enrijecida por alguns dias (fadiga muscular). Isso se deve basicamente ao acúmulo de uma substância nas células musculares submetidas a esforço.

- Qual é essa substância?
- Considerando os processos bioquímicos que ocorrem na célula muscular, explique a razão desse acúmulo.

1. Analise o infográfico abaixo e faça o que se pede:

Químico em embalagens diminui efeito de vacina

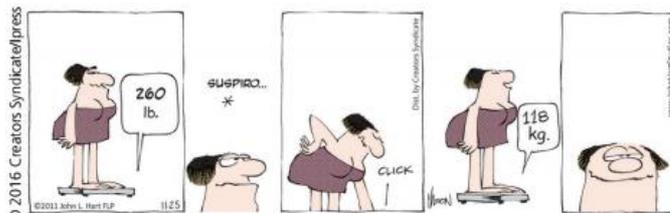


Fonte: O Estado de S. Paulo, 25 jan. 2012.

INFOGRÁFICO: RUBENS PAIVA/A (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

- Na manchete da notícia, qual é o sentido atribuído à palavra “químico”?
- Na vida diária, como podemos entrar em contato com os compostos perfluorados?
- Que efeito dos perfluorados foi demonstrado pela pesquisa?

2. Explique o sentido de humor da tirinha a seguir.



Fonte: O Estado de S. Paulo, 30 jul. 2011.

3. Leia a reportagem a seguir e responda às questões.

Uma escolha difícil

As complicações provocadas pelo uso do *piercing* variam de acordo com a região do corpo escolhida para a perfuração

Risco alto	
	Língua – Bactérias da boca podem cair na corrente sanguínea e espalhar infecções pelo organismo. Em casos raros, o adereço pode até provocar infecção generalizada.
Risco moderado	
	Sobrancelha – Inchaço e dor podem impedir a higienização correta do local e abrir caminho para infecções.
	Mamilo – A área pode inflamar. Nas mulheres, o excesso de <i>piercings</i> pode lesar os canais de amamentação.
	Umbigo – Casos de infecção são raros, mas a pele pode ficar irritada e descamar em pessoas alérgicas.
Risco baixo	
	Orelha – O lóbulo é a região mais inofensiva. Já os furos na cartilagem apresentam risco de infecção.
	Nariz – Na pior das hipóteses, o <i>piercing</i> danifica os poucos vasos sanguíneos da área e produz cicatrizes.

Fonte: SEGATTO, C. *Revista Época*, 25 fev. 2002.

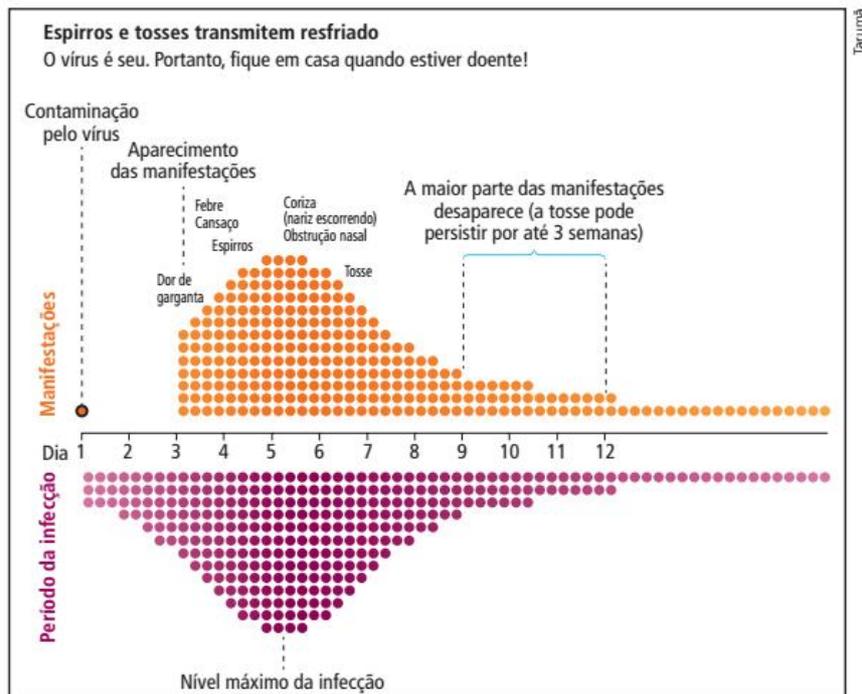
- Quais localizações dos *piercings* podem ser consideradas de baixo risco? Por quê?
 - Qual é a complicação mais temida da implantação do *piercing* na língua?
4. Mesmo entre leigos, é comum a opinião de que fazer atividade física intensa depois das refeições prejudica a digestão e pode provocar mal-estar. A tabela a seguir apresenta a porcentagem do volume sanguíneo bombeado pelo ventrículo esquerdo que se dirige para algumas regiões do corpo, em situação de repouso e durante exercício físico.

Órgão ou região	Em repouso	Em exercício físico
Cérebro	15%	5%
Artérias coronárias	5%	5%
Fígado e outros órgãos da digestão	30%	5%
Rins	25%	3%
Pele	5%	1%
Esqueleto	5%	1%
Músculos	15%	80%

Fonte: GUYTON, A. C. *Fisiologia Humana*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

- Considerando as informações da tabela, explique o fundamento fisiológico da preocupação expressa no enunciado.
- Represente graficamente os dados da tabela anterior. Opte por um tipo de gráfico que achar adequado (gráfico de colunas, gráfico de barras, gráficos de setor ou “de pizza”).

5. Analise os gráficos e responda à questão proposta.



De acordo com as informações, dê a soma das afirmativas corretas:

- (01) As manifestações aparecem no terceiro dia depois da infecção. *Soma: 01 + 02 + 04 + 16 = 23*
- (02) O período infeccioso antecede o aparecimento das manifestações.
- (04) O risco de transmissão é maior nos dias com manifestações mais intensas.
- (08) O risco de transmissão e as manifestações podem perdurar por até 3 semanas.
- (16) Dor de garganta costuma ser uma das primeiras manifestações.

6. Leia o texto e responda à questão.

HIV entre os mais jovens

Entre os adolescentes dos 14 aos 18 anos que relatam atividade sexual, a contaminação pelo HIV está associada a comportamento de risco.

Mas só um em cada cinco jovens já fez o teste preventivo para detecção do vírus.

[...] o médico Lawrence D'Angelo assinala a necessidade de nova rotina para esses testes entre os adolescentes de ambos os sexos, sexualmente ativos.

Isso porque as pessoas mais indicadas para o exame não o fazem – são portadores do vírus que desconhecem que têm a doença.

Para D'Angelo, o teste deve começar, para todos, aos 13 anos de idade. Depois, repetido anualmente entre os adolescentes de risco para o HIV. Em seguida, aos 18 anos e, posteriormente, independente de comportamento de risco, a cada três anos.

Na contaminação pelo HIV, sinais inespecíficos podem surgir após duas semanas. Após dez anos explode a aids, a síndrome da imunodeficiência adquirida, junto com doenças oportunistas como a tuberculose e candidíase.

ABRAMCZYK, J. HIV entre os mais jovens. **Folha de S.Paulo**, 10 fev. 2012. Fornecido pela Folhapress.

De acordo com a notícia, indique a alternativa falsa:

- a) Existe relação entre contaminação pelo HIV e comportamentos sexuais de risco.
- b) As pessoas infectadas pelo HIV devem fazer o teste de detecção do vírus a partir dos 13 anos de idade.
- c) A maioria dos adolescentes entre 14 e 18 anos que relatam atividade sexual não faz testes para detecção do HIV.
- d) A infecção pelo HIV pode apresentar manifestações inespecíficas cerca de duas semanas após o contágio.
- e) As manifestações da aids costumam aparecer dez anos depois da infecção.

 **O que é bioética**, de Débora Diniz e Dirce Guilhem (São Paulo: Brasiliense, 2002, Coleção Primeiros Passos). Este livro apresenta análises sobre temas como aborto, eutanásia e clonagem, incluindo teorias e críticas a respeito. Nesse contexto, permite ao leitor se familiarizar com a bioética e refletir sobre situações de conflito moral.

 No portal **Ciência Hoje On-line** está disponível uma resenha do filme **Luz, trevas e o método científico**, produzido por pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Na página, links dão acesso ao filme, que conta a história da ciência e trata do uso do conhecimento em prol da sociedade. Disponível em: <<http://tub.im/orcb9v>>. Acesso em: mar. 2016.

 O **Museu Histórico do Instituto Butantan** e o **Museu Emílio Ribas** fazem parte do complexo científico e cultural do Instituto Butantan em São Paulo. Em conjunto, esses dois museus têm como objetivo a pesquisa, a preservação e a divulgação da história das ciências e da saúde no país. Além da exposição permanente com informações históricas, e objetos e instrumentos originais do primeiro laboratório de Vital Brasil, entre outros, há um espaço para exposições temporárias sobre temas relacionados à história da ciência e da saúde. Disponível em: <<http://tub.im/zksyeq>> e <<http://tub.im/qn6bix>>. Acessos em: mar. 2016.

 **Geografia da fome**, de Josué de Castro (Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005). Este livro apresenta uma análise de hábitos alimentares humanos em diferentes áreas geográficas, e estabelece relações entre fatores naturais e sociais que condicionaram seu tipo de alimentação. Além disso, procura verificar como a alimentação influenciou na estrutura econômica e social dessas populações.

 No **site oficial do Prêmio Nobel** (em inglês) existe o jogo **Chicken farm**, no qual o objetivo é curar as galinhas doentes. Para isso é necessário fornecer-lhes o alimento mais rico em vitamina B1 oferecido em cada rodada. Com as teclas de navegação, movimenta-se a colher até o recipiente com os alimentos e então até a galinha que deve ser alimentada. Disponível em: <<http://tub.im/w4fp7w>>. Acesso em: mar. 2016.

 **Pro dia nascer feliz**, de João Jardim (Brasil, 2006) Alunos adolescentes de três estados brasileiros vivem situações cotidianas do contexto escolar do Brasil, no qual entram em jogo racismo, violência e desesperança. O documentário explora as diferenças entre escolas públicas e particulares, tanto no interior como nas metrópoles, e

como as discrepâncias impactam a visão que os alunos têm da escola e do próprio futuro. Como seria de se esperar, a relação entre professores e alunos também se constrói diferentemente, em cada um destes cenários.

 **Germinal**, de Claude Berri (França, 1993). Baseado na obra de Émile Zola, o filme retrata o processo de organização política e sindical da classe dos operários de minas de carvão do século XIX na França. Além disso, descreve os aspectos técnicos das extrações minerais e as condições de vida nos agrupamentos dos mineiros.

 **DNA e engenharia genética**, de Breno Pannia Espósito (São Paulo: Atual, 2005).

O livro traz, em linguagem clara, informações sobre os mecanismos de armazenamento e transferência de informação genética, a evolução da compreensão desses fenômenos, o uso deles em benefício dos humanos e as questões éticas relacionadas. Tais informações são fornecidas e contextualizadas por meio da descrição de experimentos famosos, da estrutura e localização do DNA, de dados atuais a esse respeito, e discussões sobre os objetivos e alcances da engenharia genética ao longo do tempo.

 **Sintetizando Proteínas** é um jogo interativo criado pelo Centro de Biologia Molecular Estrutural (CBME). Através desse interessante jogo virtual de cartas, deve-se completar de maneira correta a síntese proteica desde a transcrição até o processamento da proteína. Disponível em: <<http://tub.im/trtq2a>>. Acesso em: mar. 2016.

 **Origem e história da vida**, de Ulisses Capozzoli e Fernando Gewandszajder (São Paulo: Ática, 2004). A origem da vida em nosso planeta é um assunto que fascina a muitos. Com Paulinho não seria diferente. Curioso, tinha várias perguntas sobre os primeiros seres vivos: Como eram? Quando surgiram? Em que condições tiveram origem? Na busca pelas respostas, passa a conhecer melhor a vida na Terra, desvendando o mistério da intrigante origem e história da vida.

 **Gattaca — experiência genética**, de Andrew Niccol (EUA, 1997).

Em um futuro não muito distante, a sociedade humana é totalmente controlada e determinada pelas características genéticas. Um dos últimos seres humanos concebidos sem manipulação genética é obrigado a esconder sua identidade para lutar por suas aspirações pessoais e profissionais. A partir da análise do filme é possível realizar uma importante discussão sobre o determinismo genético e a eugenia, temas polêmicos e intimamente relacionados à engenharia genética.

 **Clonagem — da ovelha Dolly às células-tronco**, de Lygia da Veiga Pereira (São Paulo: Moderna, 2005). O livro procura explicar, de maneira simples e acessível, o que é clonagem, como é feita e com que objetivos. Aborda ainda a clonagem humana para fins terapêuticos, os diferentes tipos de células-tronco e seu potencial uso na medicina degenerativa. Isso ocorre na tentativa de esclarecer o que é fato ou mito nessa ciência, em meio ao debate sempre atual: clonar o quê, como, quando, para quê?

 **A vida imortal de Henrietta Lacks**, de Rebecca Skloot (São Paulo: Companhia das Letras, 2011).

O livro apresenta a biografia de Henrietta Lacks, uma mulher que apresentava um raro tipo de câncer cervical, cujas células cancerígenas foram extraídas sem seu conhecimento e cultivadas em meio de cultura adequado, proliferando-se rapidamente e tornando-se virtualmente imortais. O estudo dessas células foi fundamental para uma revolução na história da medicina e para o desenvolvimento de pesquisas que renderam bilhões de dólares às indústrias farmacêutica e de biotecnologia.

 No artigo **Para que serve o sexo**, publicado pelo Instituto Ciência Hoje no endereço eletrônico indicado, Jerry Borges discute as vantagens e desvantagens dos tipos de reprodução, tratando também de células-tronco e estratégias reprodutivas. Disponível em: <<http://tub.im/y7cyd5>>. Acesso em: mar. 2016.

 **Células-tronco — o que são? Para que servem?**, de Stevens Rehen, Bruna Paulsen (Vieira e Lent, 2007). Este livro apresenta as ideias e descobertas científicas sobre células-tronco, de maneira descomplicada. O que são? Como foram descobertas? De onde vêm? Como podem ser usadas para tratar problemas de saúde? Essas e outras questões sobre o tema são respondidas pelos autores neste livro.

 **Encontrando Forrester**, de Gus Van Sant (EUA, 2000). Jamal, um jovem da periferia de Nova Iorque, prefere ser reconhecido por seu talento esportivo e não se aplica à escrita, seu outro verdadeiro talento. Porém, a vida de Jamal muda quando ele conhece William Forrester, jornalista que vive recluso no mesmo bairro.

 **Filadélfia**, de Jonathan Demme (EUA, 1993). Premiado com o Oscar de melhor ator para Tom Hanks, o filme retrata com muita sensibilidade o efeito

social da aids, principalmente na forma de preconceito e discriminação. Um jovem advogado é demitido de um grande escritório de advocacia, assim que seus superiores descobrem que ele tem aids. Após uma longa busca por um advogado que aceite vencer o preconceito e defendê-lo, o jovem processa a empresa em um caso que ganha grandes repercussões na mídia, chamando a atenção da sociedade. É um bom filme para demonstrar a evolução da doença e seus efeitos no organismo, além de estimular a reflexão a respeito dos preconceitos acerca dos soropositivos.

 O portal mantido pelo **Ministério da Saúde** contém informações sobre o que é a aids, a ação do vírus HIV no organismo, manifestações da doença, formas de contágio e prevenção, como fazer o teste, tratamento e outros cuidados com os soropositivos. Há também pesquisas sobre a aids no Brasil e um histórico da doença desde os primeiros casos detectados nos EUA e países da África. O portal também traz informações sobre outras doenças sexualmente transmissíveis (DST). Disponível em: <<http://tub.im/tpegoj>>. Acesso em: mar. 2016.

 Na página eletrônica do **Instituto Butantan** é possível ter acesso a informações sobre a produção de vacinas e soros, a pesquisas desenvolvidas no instituto, a atividades educativas, entre outros. Disponível em: <<http://tub.im/zth93w>>. Acesso em: mar. 2016.

 **Tempo de despertar**, de Penny Marshall (EUA, 1990). Baseado em fatos reais, o filme retrata a história de um médico neurologista (Robin Williams) que inicia um tratamento experimental com uma droga nova em um hospital psiquiátrico. Seu objetivo é recuperar um paciente (Robert de Niro) que sofria de doença neurológica grave e estava adormecido há décadas. O tratamento possibilita a retomada do contato com o mundo, porém com estranhos e perigosos efeitos colaterais.

 A página eletrônica da **Alzheimer's Association** propõe uma viagem interativa dentro do cérebro, por meio de imagens, textos curtos e objetivos e recursos interativos, explicando como o cérebro funciona e como a doença de Alzheimer afeta esse órgão. Disponível em: <<http://tub.im/cihqj8>>. Acesso em: mar. 2016.

Lista de siglas

SIGLA	INSTITUIÇÃO
EEM-SP	Escola de Engenharia Mauá
Efoa-MG	Escola de Farmácia e Odontologia de Alfenas
Enem/MEC	Exame Nacional do Ensino Médio
Fuvest-SP	Fundação Universitária para o Vestibular
PUC-MG	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
UCPel-RS	Universidade Católica de Pelotas
Udesc-SC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UEG-GO	Universidade Estadual de Goiás
UEL-PR	Universidade Estadual de Londrina
UEM-PR	Universidade Estadual de Maringá
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFG-GO	Universidade Federal de Goiás
UFF-RJ	Universidade Federal Fluminense
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
Ufop-MG	Universidade Federal de Ouro Preto
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS-RS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UFSCar-SP	Universidade Federal de São Carlos
UFU-MG	Universidade Federal de Uberlândia
UFV-MG	Universidade Federal de Viçosa
Unicamp-SP	Universidade Estadual de Campinas
Unifesp-SP	Universidade Federal de São Paulo
Unirio-RJ	Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Uniube-MG	Universidade Federal de Uberaba
Vunesp-SP	Fundação para o Vestibular da Universidade Estadual Paulista

Referências bibliográficas

- ALBERTS, B.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WALTER, P. **Biologia molecular da célula**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- ALTERS, S.; ALTERS, B. **Biology – Understanding Life**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.
- AUDESIRK, T.; AUDESIRK, G.; BYERS, B. E. **Biology – Life on Earth**. Menlo Park: Benjamin Cummings, 2010.
- BELK, C.; BORDEN, V. **Biology – Science for Life**. San Francisco: Benjamin Cummings, 2013.
- BORGES-OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. **Genética humana**. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- De ROBERTIS, E. D. P.; De ROBERTIS Jr., E. M. F. **Bases de Biologia Celular e Molecular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- ENGER, E. D.; ROSS, F. C.; BAILEY, D. B. **Concepts in Biology**. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2012.
- GARCIA, S. M. L.; FERNÁNDEZ, C. G. (Orgs.). **Embriologia**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2012.
- HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica ilustrada**. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- JOHNSON, G.; LOSOS, J. B. **The Living World**. New York: McGraw-Hill, 2008.
- JONES, M.; JONES, G. **Biology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- JONES, M.; FORBERY, R.; TAYLOR, D. **Biology – Advanced Sciences Series**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica – Texto e atlas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- KROGH, D. **Biology – A Guide of the Natural World**. New York: Pearson, 2011.
- LODISH, H.; BERK, A.; ZIPURSKY, S. L.; MATSUDAIRA, P.; BALTIMORE, D.; DARNELL, J. **Biologia Celular e Molecular**. Rio de Janeiro: Revinter, 2000.
- MADER, S.; WINDELSPECHT, M. **Biology**. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2015.
- MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N.; TORCHIA, M. G. **Embriologia básica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- POSTLETHWAIT, J. H.; HOPSON, J. L. **Modern Biology**. Austin: Holt, Rinehart and Winston, 2006.
- PRESSON, J.; JENNER, J. **Biology – Dimensions of Life**. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2008.
- PRUITT, N. L.; UNDERWOOD, L. S. **BioInquiry – Making Connections in Biology**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.
- RAVEN, P. H.; JOHNSON, G. B.; MASON, K. Q.; LOSOS, B.; SINGER, S. R. **Biology**. Boston: WCB/McGraw-Hill, 2014.
- REECE, J. B.; TAYLOR, M. R.; SIMON, E. J. **Campbell Biology – Concepts & Connections**. New York: Pearson, 2015.
- SADAVA, D.; ORIAN, G. H.; HELLER, C. H.; PURVES, W. K. **Life – The Science of Biology**. Sunderland: Sinauer Associates/W. H. Freeman and Company, 2014.
- SIMON, E. J.; REECE, J.; DICKEY, J. L. **Campbell Essential Biology**. Boston: Pearson, 2013.
- SOLOMON, E. P.; BERG, L.; MARTIN, D. W. **Biology**. Belmont: Brooks/Cole, Cengage Learning, 2011.
- STARR, C.; EVERS, C.; STARR, L. **Biology – The Unity and Diversity of Life**. Belmont: Brooks/Cole, Cengage Learning, 2016.
- STARR, C.; EVERS, C.; STARR, L. **Biology Today and Tomorrow**. Belmont: Brooks/Cole, Cengage Learning, 2016.
- TEIXEIRA, M. **O projeto genoma humano**. São Paulo: Publifolha, 2000.
- TOBIN, A. J.; DUSHECK, J. **Asking about Life**. New York: Saunders College/Harcourt Brace College Publishers, 2005.